

Інженерії машин, споруд і технологій

Харчової біотехнології і хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Вплив умов зберігання на рН і редокс-потенціал
фруктових соків**

Виконав: студент 6 курсу, групи МЛм-61
спеціальності 181- Харкові технології

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Заставна А. Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Покотило О.С.

Кравченко Х.Ю.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Кухтин М.Д.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Кухтин М. Д.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

3. Вихідні дані до роботи Спеціальна, періодична література та нормативна документація з питань досліджень. Методики та методи досліджень стандартні та уніфіковані
4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
 - оцінити застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків;
 - визначити значення показників рН, кислотності та ОВП у формуванні споживчих властивостей фруктових соків;
 - охарактеризувати свіжі фрукти та соки з них за показниками рН, ОВП та кількості мікроорганізмів;
 - провести аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання у холодильному режимі $+4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ – 5 діб;
 - провести аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання в режимі $+ 25,0 \pm 1^{\circ}\text{C}$ – 3 діб;
 - визначити вплив лимонної кислоти на показники рН й ОВП соків за зберігання.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) рисунки, таблиці, схеми, діаграми, креслення

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних			
Ситуаціях			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи	29.01.24 р. – 24.05.24 р.	
2.	Складання схеми досліджень	17.06.24 р. – 28.06.24 р.	
3.	Опрацювання методики досліджень	01.07.24 р. – 31.07.24 р.	
4.	Виконання експериментальних досліджень (Частина I)	01.08.24 р. – 30.08.24 р.	
5.	Завершення експериментальних досліджень (Частина II)	02.09.24 р. – 20.09.24 р.	
6.	Збір інформації до виконання розділу та «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	23.09.24 р. – 11.10.24 р.	
7.	Закінчення написання розділів	14.10.24 р – 22.11.24 р.	
8.	Подання магістерської роботи до захисту	02.12.24 р	

Студент

(підпис)

Заставна А. Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Покотило О.С.

Кравчнюк Х. Ю.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Реферат	5
	Вступ	6
I	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1.	Застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків	11
1.2.	Критерії, які застосовують для визначення терміну придатності фруктової продукції	14
1.2.1.	Мікробіологічні критерії	14
1.2.2	Немікробіологічні критерії	16
1.2.3	Дозрівання, виробництво етилену та охолодження	16
1.3.	Нетеплові технології інактивації мікробів	17
1.4.	Термін придатності нетермічно оброблених фруктів й продукції з них (соків, нектарів пюре, тощо)	22
1.5.	Вплив нетермічної обробки на інші фруктові продукти	25
1.6.	Вплив нетермічної обробки на стан фруктів за зберігання	27
	Підсумки з огляду	30
2	МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
2.1.	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	31
1.2.	Методи досліджень	33
3	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	34
3.1.	Значення показників рН, кислотності та ОВП у формуванні споживчих властивостей фруктових соків	34
3.2.	Характеристика свіжих фруктів та соків з них за показники рН, ОВП та кількості мікроорганізмів	36
3.3.	Аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання у холодильному режимі $+ 4 \pm 0,5$ °C упродовж 5 діб	44

3.4.	Аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання в режимі $+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб	50
3.5.	Вплив лимонної кислоти на показники рН та ріст дріжджів у фруктових соках за зберігання	54
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	55
4.1	Охорона праці	55
4.1.1	Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини	55
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.2.1	Розроблення заходів щодо надійної роботи підприємств харчової промисловості у разі загрози виникнення надзвичайної ситуації в мирний та військовий час	58
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	62
	Список літератури	63
	Додатки	72

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 77 с., 10 рис., 4 табл., 78 джерел.

СВІЖІ ФРУКТИ, НЕОБРОБЛЕНІ СОКИ, pH, РЕДОКС-ПОТЕНЦІАЛ, МІКРОБІОТА ФРУКТІВ, МАФАНМ, ДРІЖДЖІ, СЕНСОРНІ ПОКАЗНИКИ.

Об'єкт дослідження – свіжі фрукти, необроблені фруктові соки, pH, редокс-потенціал, мікробіота фруктів й свіжих соків, МАФАНМ, дріжджі.

Мета роботи – визначити вплив реакції середовища (pH, ОВП), мікробіоти фруктових соків на термін їх зберігання і показники свіжості.

Методи досліджень: патентно-аналітичні (огляд літературних публікацій щодо застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків); фізико-хімічні (визначення pH, ОВП, кислотність), мікробіологічні (визначення молочнокислої й дріжджової мікробіоти, МАФАНМ); органолептичні (смак й колір), статистичні (вірогідність отриманих даних).

Виявлено, що фрукти, в основину мають кисле й слабо кисле pH (2,5 – 3,5 од) з позитивним вище 100 мВ окисно-відновним потенціалом. Свіжо виготовлені соки із цих фруктів суттєво не відрізняються за цими показниками від самих фруктів. Виявлено, що pH фруктових соків (виноградного, полуничного й апельсинового) протягом п'яти добового зберігання за + 4 °C не зазнає суттєвих змін. За цей період часу ОВП цих соків збільшився у позитивну сторону, в середньому на 10 мВ, а молочнокисла мікробіота не мала здатності інтенсивно розвиватися. За цього режиму зберігання кількість дріжджів зросла в 3,0 та 3,45 рази у виноградному й полуничному соках, відповідно та в середньому в 2 рази в апельсиновому соці. Встановлено, що у необроблених фруктових соках за зберігання +25 °C проходить інтенсивне молочнокисле й спиртове бродіння, яке змінює фізико-хімічні показники (зниження pH та ОВП) й сенсорні показники соків. Отже, для тривалішого зберігання фруктових соків необхідно підтримувати pH й ОВП на початковому рівні та зупинити мікробіологічні процеси в них.

Вступ

Актуальність теми. Фруктові соки – це не лише улюблений напій багатьох людей, а й складний продукт, адже його властивості визначаються цілою низкою фізико-хімічних параметрів. Серед них особливу роль відіграють рН, кислотність і редокс-потенціал. Ці показники впливають на смак, аромат, колір, стабільність і безпеку соків.

Рівень рН є одним із найважливіших показників, який відображає кислотно-лужний баланс у продукті та визначає концентрацію іонів водню в розчині. Для фруктових соків рН зазвичай знаходиться в межах 3,0–4,5, що робить їх помірно кислими напоями. Цей показник залежить від природних кислот, присутніх у фруктах, таких як лимонна, яблучна, винна та щавлева. Наприклад, апельсиновий або лимонний сік мають низький рН через високий вміст лимонної кислоти, яка формує їхній насичений кислий смак [1].

Кислотність – це поняття, пов'язане з рН, але має інший зміст. Кислотність є одним із найважливіших параметрів, що визначає якість і властивості фруктових соків. Вона впливає на смак, колір, безпечність і навіть термін придатності продукту. Кислотність фруктового соку визначається рівнем рН, який відображає концентрацію іонів водню у розчині. Для більшості фруктових соків цей показник знаходиться в межах 3,0–4,5, що надає їм характерного кисло-солодкого смаку та забезпечує захист від псування [2].

Якщо рН показує лише активність вільних іонів водню, то кислотність відображає загальну кількість кислот у продукті, незалежно від того, чи вони перебувають у дисоційованому стані. Наприклад, яблучний і лимонний соки можуть мати схожий рівень рН, але різну кислотність, що пояснює різницю у сприйнятті їхнього смаку. Висока кислотність забезпечує яскравий кислий смак, тоді як низька кислотність робить напій більш м'яким і солодким [3].

Технологічний контроль кислотності в процесі виробництва є важливим етапом. Сучасні підприємства використовують спеціальне

обладнання, наприклад, рН-метри, для точного вимірювання рівня кислотності. Ці дані дозволяють коригувати процес пастеризації: чим вища кислотність, тим меншої температури і часу обробки потребує продукт. Це дозволяє зберегти природний смак і корисні речовини у соку.

Кислотність впливає на всі аспекти продукту: від його смаку та кольору до безпечності та терміну придатності. Контроль цього параметра дозволяє не лише зберігати якість продукції, але й створювати нові унікальні смаки, які задовольняють вимоги сучасних споживачів [1].

Редокс-потенціал, або окислювально-відновний потенціал, є ще одним ключовим параметром, що характеризує здатність середовища до окислення або відновлення. Для соків цей показник залежить від наявності вітамінів, поліфенолів, кисню та інших сполук. Свіжовичавлений сік, зокрема апельсиновий, має відносно низький редокс-потенціал завдяки високому вмісту антиоксидантів, таких як вітамін С. Однак під час зберігання або термічної обробки редокс-потенціал може підвищуватися через контакт із киснем, що призводить до зниження антиоксидантної активності та, як наслідок, втрати свіжості аромату [4].

Ще один аспект, на який впливають ці параметри, – це смак. Кислотність створює основний смаковий профіль, тоді як редокс-потенціал визначає відчуття свіжості та гармонійності. Наприклад, апельсиновий сік із низьким редокс-потенціалом буде сприйматися як свіжий, із приємним ароматом. Зміна цих показників, наприклад, через надмірний контакт із повітрям під час виробництва, може негативно вплинути на кінцевий продукт [2].

Сучасні технології виробництва дозволяють ретельно контролювати рН, кислотність і редокс-потенціал на всіх етапах. Вимірювання рН допомагає визначити необхідну тривалість і температуру пастеризації, щоб зберегти смакові якості й корисні речовини. Контроль редокс-потенціалу забезпечує збереження антиоксидантних властивостей продукту. Наприклад,

вакуумне пакування чи використання інертних газів, таких як азот, мінімізують контакт із киснем і стабілізують якість соку [1].

Отже, рН, кислотність і редокс-потенціал є ключовими параметрами, які визначають якість і властивості фруктових соків. Їхній правильний контроль дозволяє виробникам створювати смачні, корисні та безпечні продукти, які відповідають вимогам споживачів і стандартам харчової промисловості.

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи було визначити вплив реакції середовища (рН, ОВП), мікробіоти фруктових соків на термін їх зберігання і показники свіжості.

Для виконання мети було поставлені наступні завдання:

- оцінити застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків;
- визначити значення показників рН, кислотності та ОВП у формуванні споживчих властивостей фруктових соків;
- охарактеризувати свіжі фрукти та соки з них за показниками рН, ОВП та кількості мікроорганізмів;
- провести аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання у холодильному режимі $+ 4 \pm 0,5$ °C упродовж 5 діб;
- провести аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання в режимі $+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб;
- визначити вплив лимонної кислоти на показники рН й ОВП соків за зберігання.

Об'єкт дослідження – свіжі фрукти, необроблені фруктові соки, рН, редокс-потенціал, мікробіота фруктів й свіжих соків, МАФАНМ, дріжджі.

Предмет дослідження: вплив холодового й кімнатного режимів зберігання фруктових соків на показники рН, ОВП, кислотності й мікробіоти.

Методи досліджень: патентно-аналітичні (огляд літературних публікацій щодо застосування різних технологічних рішень для збільшення

терміну придатності фруктових соків); фізико-хімічні (визначення рН, ОВП, кислотність), мікробіологічні (визначення молочнокислої й дріжджової мікробіоти, МАФАНМ); органолептичні (смак й колір), статистичні (вірогідність отриманих даних).

Наукова новизна одержаних результатів. Виявлено, що рН фруктових соків (виноградного, полуничного й апельсинового) протягом п'яти добового зберігання за + 4 °С не зазнає суттєвих змін. За цей період часу ОВП цих соків збільшився у позитивну сторону, в середньому на 10 мВ, а молочнокисла мікробіота не мала здатності інтенсивно розвиватися. За цього режиму зберігання кількість дріжджів зростає в 3,0 та 3,45 рази у виноградному й полуничному соках, відповідно та в середньому в 2 рази в апельсиновому соці.

Встановлено, що у необроблених фруктових соках за зберігання +25 °С проходить інтенсивне молочнокисле й спиртове бродіння, яке змінює фізико-хімічні показники (зниження рН та ОВП) й сенсорні показники соків. Зміна рН й ОВП пов'язана з розвитком мікробіоти в соках.

Практичне значення отриманих результатів. Для подовження терміну зберігання соковмісної продукції необхідно підтримувати її рН та забезпечувати мінімальне мікробне забруднення.

Особистий внесок здобувача. Здобувач самостійно опрацьовував літературні джерела щодо застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків, сформував мету кваліфікаційної роботи, визначив завдання, склав план досліджень, провів експерименти та оформив дослідження у магістерську роботу.

Апробація результатів. Участь на XIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 11-12 грудня 2024 року / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024 р.). (Додаток А).

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи було опубліковано одні тези конференції (Додаток А)

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, розділів дослідної та розрахунково-графічної частини, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновків та пропозицій виробництву, переліку літератури та додатків. Магістерська робота має 77 сторінки та містить 4 таблиці, 10 рисунків. Перелік літератури складається з 78 джерел.

РОЗДІЛ I

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків

Фрукти та продукти з них (фруктові продукти з мінімальною обробкою, свіжі фрукти, соки, пюре тощо) є багатими джерелами вуглеводів й мікроелементів [2]. Водночас фрукти є кислі та мають високий вміст вологи [3], що робить ці продукти сприятливими для росту мікроорганізмів [4]. Це зумовлює мікробне або ферментне псування, що зменшує термін зберігання цих продуктів. Псування фруктових продуктів може бути спричинене фізичними, хімічними, ферментативними та мікробіологічними реакціями. Навіть незначне пошкодження плоду може призвести до мікробного або ферментативного розкладання. Термін придатності продукту говорить нам про час, який він може зберігатися, перш ніж він стане непридатним для споживання, а також про кількість часу, необхідного для розкладання основних поживних речовин продукту [5]. Для продовження терміну придатності фруктових продуктів було використано багато методів консервування. Всі ці методи працюють за такими принципами: обмеження мікробної інвазії (упаковка), пригнічення росту мікробів (заморожування, зберігання в модифікованій атмосфері, з консервантами) та інактивація мікроорганізмів (термічна та нетермічна обробки). Однак більшість термічної обробки, такої як термічна пастеризація та стерилізація, погіршують термочутливі фітохімічні речовини, такі як вітамін С, фенольні сполуки, антиоксиданти, флаваноїди, пігменти тощо.

Нині споживачі вважають за краще купувати та споживати оброблені продукти без додавання консервантів і з довшим терміном зберігання [6]. Таким чином, існує висока мотивація виробляти високоякісні продукти переробки шляхом зменшення пошкодження термочутливих фітохімічних речовин у фруктових продуктах, забезпечуючи безпечність харчових

продуктів. Тенденція включає нетермічні технології, які роблять більше, ніж мікробну інактивацію (наприклад, холодна плазма, обробка під високим тиском, ультразвукова обробка, імпульсне світло тощо), щоб забезпечити високу якість, оригінальність і здоровість продукту.

Нетепловий технологічний підхід має потенціал для задоволення всіх аспектів, зберігаючи при цьому оригінальність фруктових продуктів протягом терміну їх зберігання [7]. Технологія холодної плазми є чудовим вибором для поверхневої дезактивації твердих харчових продуктів через її нездатність проникнути в зразок. Це не викликає зміни внутрішнього складу або харчового складу. У рідких зразках плазма взаємодіє з усім об'ємом зразка, що може викликати небажані зміни, які впливають на якість цих продуктів [8]. Обробка під високим тиском подовжує термін зберігання твердих і рідких харчових продуктів. Тиск руйнує мікробні клітини, спори та ферменти, зберігаючи максимальну кількість поживних речовин [9]. Осцилююче магнітне поле – це технологія на магнітній основі, яка інактивує мікробні клітини шляхом збільшення потужності магнітних хвиль. Тим не менш, потужність хвилі >150 тесла генерує тепло в продукті, що може знищити основні компоненти фруктів [10]. Озонова технологія більше підходить для рідких харчових продуктів, оскільки вона стає нестабільною у присутності високого вмісту органічних речовин [11]. Імпульсне електричне поле – це електротехнологія, яка збільшує термін зберігання рідких і напівтвердих харчових продуктів, зберігаючи при цьому їх поживну цінність [12]. Обробка за допомогою імпульсного світла подібна до ультрафіолетового світла, оскільки вона є частиною імпульсного світла та допомагає подовжити термін зберігання фруктових соків із високою інактивацією мікробів [13]. Мікроби на поверхні фруктів стають неактивними під час обробки ультрафіолетом [14]. У цих продуктах використовуються нетермічні технології для покращення їх якості, прийнятності та отримання мікробіологічно безпечних і ферментативно стабільних харчових продуктів. Механізм стерилізації різних нетермічних

методів відрізняється і залежить від складу продукту та її поведінки щодо обробки. Описані технології покращують процес масообміну, змінюючи структуру клітини [1].

Отже, всі наведені технології вище можна використовувати перед екстракцією та сушінням для підвищення ефективності обробки. Оскільки вони використовуються у великомасштабному виробництві, вартість обробки низька порівняно з малими комерційними одиницями. Таким чином, необхідно провести додаткові дослідження, щоб дізнатися про повний потенціал нетеплових технологій для комерційного застосування в харчовій промисловості та підвищити інтерес споживачів.

Фрукти та фруктові продукти (свіжі нарізані фрукти, фруктові продукти з мінімальною обробкою, соки, пюре тощо) зазвичай псуються через розвиток мікробів, що залежить від внутрішніх властивостей продукту та зовнішніх факторів навколишнього середовища [15, 16]. Свіжі фрукти називають частково або мінімально обробленими свіжими продуктами. Свіжозрізані фрукти дуже сприйнятливі до мікробного забруднення внаслідок різання або обрізання, яке пошкоджує тканину, що спричиняє такі погіршення, як збільшення частоти дихання, ферментативне потемніння та окислення [17]. Фруктові соки, джеми та пюре в першу чергу псуються через кислотостійку та осмофільну мікрофлору [1, 18].

У різних нормативних документах з управління з контролю за харчовими продуктами та лікарськими засобами (FDA) висуваються вимоги щодо ліміту мікроорганізмів у фруктах та продуктах із них, тобто менше $>5 \log$ КУО/г/мл [19] або наявність $< 1 \log$ КУО/ г або мл в обробленому продукті [20]. Наприклад в США FDA схвалила УФ-обробку як альтернативну техніку пастеризації соку та напоїв, щоб зменшити кількість мікроорганізмів, що псуються, принаймні на $5 \log$ [19, 20].

Таким чином дослідження впливу різних нетермічних методів на продовження терміну зберігання різних фруктів і продуктів із них, таких як

соки, пюре та нарізані фрукти є актуальним, оскільки це продовжує термін реалізації продукту.

1.2. Критерії, які застосовують для визначення терміну придатності фруктової продукції

Визначення терміну придатності будь-якого фруктового продукту є складним завданням через його швидкопсувний характер, що включає фактори безпечності та якості харчових продуктів. Термін придатності можна визначити шляхом прогнозування кінцевої точки терміну зберігання за умов транспортування та зберігання. Наступні критерії можуть визначити кінцеву точку визначення: 1) мікробіологічні критерії (на основі мікроорганізмів, що псують) і немікробіологічні критерії (параметри якості та сенсорні характеристики), які важко визначити [1, 21].

1.2.1 . Мікробіологічні критерії

Зараження мікроорганізмами соків й продуктів з фруктів відбувається через різні джерела, такі як вода, ґрунт, повітря та інші фактори навколишнього середовища [22]. Склад плодів робить їх більш придатними для розвитку мікроорганізмів і стає більш сприйнятливими до псування при пошкодженні. Умови обробки та зберігання підвищують ймовірність псування. Псування відбувається, в основному через ріст бактерій (таких родів як *Erwinia*, *Bacillus*, *Clostridium*, *E. coli*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, та *Listeria*), цвільових мікроорганізмів (таких як *Penicillium*, *Byssoschlamus*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Rhizopus* й *Aspergillus*) та дріжджів (*Saccharomyces* й *Zygosaccharomyces*) [22]. Фрукти та продукти з них заражаються цими мікроорганізмами псування під час збору врожаю, транспортування, обробки, зберігання та транспортування. Невелика кількість мікробної флори природно присутня на поверхні фруктів і пригнічується після збору врожаю. Дозрівання збільшує проникність

клітинної стінки та зменшує вміст антимікробних хімічних речовин у плодах. При будь-якому фізичному пошкодженні відбувається псування, і мікроорганізми проникають всередину тканини плоду.

Цвіль є найпоширенішим мікроорганізмом, що псує фрукти та продукти з них, оскільки вони можуть виживати навіть при дуже низькому рН і рівнях активності води, таких як яблука, цитрусові, ягоди, інші фрукти тощо. Дріжджі та бактерії менш поширені, але можуть спричинити псування упакованих або неупакованих свіжих фруктів [1, 22]. Ацидофільні бактерії, дріжджі та цвіль псують фруктові соки через високий вміст цукру та низький рівень рН [23]. Псування можна ідентифікувати за помутнінням, поверхневими плівками, стороннім присмаком тощо. Але інколи псування неможливо визначити, що стає головною проблемою. Підтримка анаеробних умов обмежує ріст цвілі, як-от соки в пляшках і консервах.

Дріжджі *Saccharomyces* і *Zygosaccharomyces* мають високу термостійкість і зазвичай зустрічаються в зіпсованих соках. Кислотостійкий і термостійкий спороутворюючий *Alicyclobacillus* spp. і неспороутворюючі *Propionibacterium* викликають псування пастеризованих соків [22]. Молочнокислі бактерії можуть зіпсувати соки з високим вмістом кислоти, але не є термостійкими. Мікроорганізми ростуть у різних умовах росту, що створює найбільшу проблему для розробки процесу таким чином, щоб він усунув патогени та мав дезактивувати всі мікроорганізми, що погіршують стан. Тому основними принципами збільшення терміну придатності продукту на основі фруктів є інактивація мікроорганізмів-які псують, пригнічення росту мікрофлори, що погіршує якість, і обмеження їх надходження в систему. Термічна обробка та нетермічні методи ґрунтуються на інактивації мікроорганізмів і іноді пригнічують їхнє виживання [24]. Навіть незважаючи на те, що ці мікроби дуже адаптивні та зрештою пристосовуються до встановлених проти них бар'єрів, слід розробляти численні стратегії та перешкоди (поєднання механізмів інактивації, інгібування чи обмеження), щоб збільшити термін їх зберігання.

1.2.2. Немікробіологічні критерії

1.2.2.1 . Активність ензимів у фруктах і продуктах вироблених з них

Декілька ензимів є головними, які погіршують якість фруктів і продуктів з них. Ці ензими вивільняються, коли фрукти обрізають, ріжуть, нарізають, відварюють і варять. Це призводить до реакцій погіршення якості. Ензими, відповідальні за пошкодження фруктових продуктів, включають поліфенолоксидазу, фенілаланін-амоніазу, пероксидазу, пектинметилестеразу, полігалактураназа. Поліфенолоксидаза відповідає за окислювальну реакцію фенолів, яка спричиняє потемніння продукту [25]. Пероксидаза діє на різні сполуки, такі як аскорбінова кислота і фенольні сполуки, що призводить до потемніння фруктових продуктів. Пектинметилестераза та полігалактураназа викликають деметоксилювання пектину та деполімеризацію пектину, відповідно, і відповідають за розділення фаз у соках та пюре [25]. Фенілаланін-амоніаза викликає потемніння при низьких температурах. Деякі ферменти, такі як пектатліаза, β -галактозидаза та α -арабінофуранозидаза, викликають деградацію клітин, що призводить до розм'якшення тканини та втрати текстури [25].

1.2.3. Дозрівання, виробництво етилену та охолодження

Дозрівання є найважливішим метаболічним шляхом рослини. Дозрівання збільшує проникність клітинних стінок і викликає розм'якшення тканин, що збільшує мікробне псування [26]. Крім дозрівання, плоди також можуть зазнавати таких змін: переміщення поживних речовин, перетворення крохмалю в цукор, посилене дихання, утворення фенольних сполук, біосинтез етилену, розпад хлорофілу, каротиноїдів, антоціанів, флаваноїдів, дубильних речовин і пектину. Ці зміни спричиняють фізичні пошкодження, такі як розм'якшення клітинної стінки та деградація тканин, що негативно впливає на текстуру, колір та аромат фруктів і зменшує термін

їх зберігання. Крім згаданих вище реакцій, погіршення якості може також виникнути через охолодження, спричинене під час зберігання в холодному сховищі. У більшості випадків плоди можуть побуріти, зменшуючи термін їх зберігання.

1.3 . Нетеплові технології інактивації мікробів

Нетермічні методи були застосовані до фруктових продуктів для досягнення подовженого терміну зберігання. Методи: обробка холодною плазмою, обробка високим тиском, коливальне магнітне поле, озон, імпульсне електричне поле, імпульсне світло, ультразвук і ультрафіолет. Було розглянуто і запропоновано ряд фруктових продуктів, включаючи продукти з доданою вартістю з яблук, груш, кокосової води, винограду, полуниці, чорниці, помідорів, моркви, фруктових батончиків, джемів, смузі, пюре тощо [1].

Технологія холодної плазми є однією з нових технологій обробки харчових продуктів з високою ефективністю для інактивації росту мікробів. Холодна плазма, «четвертий стан матерії», є слабоіонізованим газом, що містить вільні радикали, заряджені та нейтральні частинки та збуджені фотони, які постачають електричну енергію [27]. Це робить холодну плазму більш взаємодіючою як фізично, так і хімічно, вона має високу електропровідність і реагує на електромагнітні поля. Повітря, O_2 , N_2 і суміш інертних газів (аргон (Ar), неон і гелій) використовуються для техніки холодної плазми [28]. Інактивація мікроорганізмів холодною плазмою до кінця не вивчена. Але основний механізм обумовлений взаємодією заряджених частинок з клітинною стінкою і мембранами, далі відбувається окислення ДНК за рахунок реакції вільних радикалів кисню, перекисне окислення ліпідів за рахунок окислення ненасичених жирних кислот радикалами OH, денатурація білка, спричинена окисленням амінокислот, і пошкодження поверхні, спричинені постійними зіткненнями

радикалів, усі вони призводять до необоротної загибелі мікроорганізмів [29]. Однак технологія холодної плазми може викликати окислювальні або нітрозативні реакції, що призводять до деградації тканин і зміни частоти дихання та хімічного складу свіжих фруктів. Наприклад, фарбувальні пігменти, такі як кратиноїди, лікопін або антоціани в продукті, можуть окислюватися та розкладатися плазмою [1]. Кілька досліджень показали, що збільшення часу лікування та вхідної напруги технології холодної плазми знижує концентрацію біологічно активних речовин, таких як аскорбінова кислота, антоціани та фенольні сполуки. Ці сполуки реагують з індукованими плазмою активними формами кисню (радикали OH, радикали ROO, атомарний і синглетний кисень) або вільними радикалами. Текстура і морфологія поверхні також можуть впливати на деградацію клітин і втрату води. Однак ці зміни залежать від багатьох факторів, таких як відстань між джерелом плазми та поверхнею продукту, наявні активні речовини, застосована потужність, пористість, структура продукту, склад і доступність води [30].

Обробка високим тиском зберігає оригінальність харчового продукту. Обробка під високим тиском передбачає обробку тиском вище 100 МПа та до 900 МПа при низькій температурі (+ 5 – +30 °C) протягом мілісекунд до 20 хвилин, що вбиває мікроорганізми та інактивує ензими [25]. Оскільки обробка високим тиском не включає високі температури, цей процес допомагає зберегти леткі сполуки, відповідальні за смак, колір та інші сполуки, схильні до нагрівання [25].

Обробка високим тиском адіабатично нагріває продукт за рахунок підвищення тиску. Кінцева температура продукту залежить від початкової температури продукту, рівня тиску та характеристик харчового матеріалу. На кожні 100 МПа підвищення тиску температура підвищується на +2,5– +3 – 4 °C [31]. Механізм мікробної інактивації заснований на розриві нековалентних зв'язків і пошкодженні клітинних стінок і мембрани [1]. Таким чином, обробка високим тиском не впливає на поживні речовини, оскільки впливає

лише на нековалентні зв'язки, але термічна обробка руйнує ковалентні зв'язки, що впливає на структуру вітамінів і білків [32]. Різні мікроорганізми реагують по-різному, і чутливість мікроорганізму змінюється залежно від тиску. Цвілеві гриби та дріжджі дуже чутливі до тиску, грам позитивні бактерії є високостійкі, а грамнегативні бактерії виявляють меншу стійкість.

Осцилююче магнітне поле використовує магнітне поле для знезараження харчових продуктів. Осцилююче магнітне поле передбачає створення магнітного поля електромагнітами, які пропускають флуктуаційний струм із напруженістю поля >100 тесла та частотами від 5 до 500 кГц протягом 25 мкс до кількох мілісекунд. Механізмом взаємодії та місця взаємодії були клітинні мембрани та клітинні органели, які приймають магнітні хвилі. Частота й амплітуда магнітного поля викликають коливання іонів і біполярне обертання молекул, що призводить до змін у дифузії іонів і впливає на активність клітини [1]. Частоти індукованого магнітного поля активують лактозні шляхи, тим самим зупиняючи ріст. Осцилююче магнітне поле мало впливає на ферменти та спори мікробів і може пригнічувати ріст вегетативних клітин [33].

Обробка озоном була схвалена як засіб для дезінфекції харчових продуктів у США. Використовується у вигляді газової або рідкої фази. Антимікробна активність більша, ніж хлору. Озонова технологія нарешті використовується як дезінфікуючий засіб для дезінфекції свіжих продуктів. Озон відповідає за окислення ненасиченими жирними кислотами та ліпополісахаридами клітинної мембрани, денатурацію ферментів і генетичного матеріалу, що сприяє загибелі мікроорганізмів. Озон більш ефективний проти грампозитивних бактерій, таких як *B. cereus*, *E. faecalis*, *L. monocytogenes* і *S. aureus*, а також проти грамнегативних бактерій, таких як *Y. enterocolitica* і *P. aeruginosa*, а також проти деяких цвілевих грибів, таких як *A. Niger* і кількох дріжджів, таких як *Zygosaccharomyces* і *C. albicans*. Завдяки сильній окислювальній здатності озон може інактивувати всі мікроорганізми [34, 35].

Електрика високої напруги використовувалася для обробки рідин або напівтвердих харчових продуктів з напругою 20 000–80 000 В/см протягом короткого періоду часу (1 с), відома як обробка імпульсним електричним полем. Електроенергія зберігається в конденсаторі та вивільняється короткими імпульсами, виробляючи тепло (близько 40 °С), яке набагато менше, ніж термічна обробка, що запобігає нагріванню харчового продукту. Електрика високої напруги запобігає шкідливому впливу на фізичні, органолептичні та мікробіологічні властивості. Електрика високої напруги продовжує термін придатності продукту, викликаючи електропорацію та електропроникність мікроорганізмів [36], що призводить до втрати цілісності клітин, інактивацію білків і ферментів, а також витік вмісту клітин, що призводить до інактивації мікробних клітин [37]. Ефективність електрики високої напруги залежить від умов обробки, таких як напруженість поля, ширини, частоти імпульсу, часу обробки, полярності, використовуваної температури, матриці фруктові рідини, провідності зразка тощо [36]. Ефективність мікробної інактивації знижується, коли в зразку присутні макроелементи.

Обробка імпульсним світлом використовує світлову енергію для інактивації мікроорганізмів на харчових матеріалах. Обробка імпульсним світлом передбачає застосування потужних коротких імпульсів широкого спектру дії протягом дуже короткого часу. Обробка імпульсним світлом складається з 54 % УФ, 26% VL та 20% інфрачервоного. Тому це вважається вдосконаленою УФ-технологією. Різні електромагнітні промені можуть по-різному інактивувати мікроорганізми. УФ-частина імпульсного світла поглинається ДНК, що відповідає за фотохімічне пошкодження, яке вбиває мікроорганізми [38]. Видимі та інфрачервоні промені передають високі температури на поверхню клітин і знищують мікроорганізми, що є фототермічним пошкодженням [13]. Ефект пульсації високої потужності призводить до фотофізичного пошкодження, яке інактивує мікроби шляхом модифікації клітинних компонентів, розриву ДНК і денатурації білка [13].

Ультразвукова обробка використовує високочастотні звукові хвилі близько 20 кГц для обробки рідких харчових продуктів, що перевищує межу людського слуху. Ультразвукова обробка класифікується за трьома категоріями, а саме потужність УЗД (20 000–100 000 Гц), діагностична УЗД (10^6 – 5×10^8 Гц) і частота УЗД (10^5 – 10^6 Гц). Ефективність ультразвуку залежить від потужності хвилі, частоти хвилі та часу обробки. Вібрації, створені поздовжніми звуковими хвилями, призводять до циклів розширення та стиснення, які викликають кавітаційні бульбашки через зміни тиску [39], що відповідає за руйнування мікробної клітини. Ця кавітація також може викликати внутрішньоклітинний механічний удар, який сприяє інактивації ферментів через утворення вільних радикалів через соноліз води (H_2O до H^+ & OH^-). Його зручно розділити на дві категорії: а) Низька потужність (10 Вт) і частота процесу (2-10 МГц) є неруйнівним процесом і в основному застосовується в харчовій промисловості, і висока потужність (до 100 Вт) і частотою процесу (20–100 кГц) викликає сильну кавітацію, яка може змінити мікроструктуру харчового компонента. Ультразвукові хвилі призводять до підвищення температури на 5000 К, тоді як тиск до 50 МПа спричиняє сильний ефект зсуву, руйнуючи клітинну стінку, клітинну мембрану та ДНК [40]. Ультразвук може спричинити денатурацію білків і утворення вільних радикалів, які можуть змінити смак і аромат продукту [1].

Ультрафіолетова обробка допомагає зменшити мікроорганізми та шкідників на основі застосованої дози. Ультрафіолетова технологія використовує УФ-А (320 – 400×10^9 м), УФ-В (280 – 320×10^9 м) та УФ-С (200 – 280×10^9 м). УФ-С найчастіше використовується для харчових продуктів і схвалена у багатьох країнах через його високі бактерицидні властивості та безпечне використання [1]. Це вважається сухою холодною обробкою, оскільки вона не вимагає зовнішнього тепла. УФ-обробка викликає загибель мікроорганізму, оскільки ДНК мікроорганізму поглинає ультрафіолетове світло. Спіралеподібна структура спотворюється, утворюються димери тимідину, що припиняє поділ клітини, викликаючи загибель мікроорганізмів,

що є необоротним механізмом. Ультрафіолетову обробку використовують для обробки фруктових і овочевих соків.

1.4. Термін придатності нетермічно оброблених фруктів й продукції з них (соків, нектарів пюре, тощо)

1.4.1. Фруктові соки, смузі та напої

Більшість нетермічних методів використовуються для обробки рідких харчових продуктів. Кокосова вода, оброблена сумішшю (65% O_2 , 30% CO_2 і 5% N_2) при 90 В/120 с, зменшила ріст *E.coli* та *Listeria monocytogenes* на 5 логарифмічних циклів і подовжила термін зберігання на дві доби. Атмосферна плазма не показала зміни рН навіть після 24 годин зберігання в кокосовій воді. Але після 24 годин зберігання рН зразків, оброблених плазмою, знизився з 5,27 до 5,18 з додаванням лимонної кислоти [41].

Дослідники [42] провели дослідження яблучного соку, застосовуючи високий тиск 200 МПа протягом 2 циклів. Вони виявили, що мікробне навантаження (3 – 4 log КУО/мл) *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae* та *Listeria monocytogenes* було знижено до <1 log КУО/мл. Проте *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* і *Saccharomyces* з'явилися в соці через 6, 8 і 14 діб, відповідно. Коли апельсиновий сік обробили при 25 °C / 500 МПа / 5 хв, у ньому зменшилася кількість *E. coli* на >5 логарифмічних циклів із чудовим збереженням рН, смаку й кольору. Оброблені харчові продукти з використанням високого тиску мають високу свіжість, кращу текстуру та тривалий термін зберігання. Високий тиск вважається однією з найкращих інновацій за останні 50 років. Коли яблучний сік обробляли при 400 – 600 МПа, це зменшувало *E. coli*, *Listeria monocytogenes* і *Salmonella* на 5 логарифмічних циклів, а термін придатності подовжувався до 14 – 21 діб [43]. Коли каламутний і прозорий полуничний сік обробляли при 600 МПа/4 хв при кімнатній температурі, термін придатності подовжувався до 6 місяців із втратою вмісту аскорбінової кислоти, антоціанів і фенолів [44]). Рівень рН,

смак і колір повністю зберігалися в соці навіть після періоду зберігання в 63 доби [45]. Коли яблучний сік оброблявся при 430 МПа / 7 хв, термін придатності подовжувався до 34 діб, активність ферментів була пригнічена, а внутрішня тканинна флора також була повністю інактивована. Активність РРО в яблучному соку повністю інактивується після обробки, але після 6 днів зберігання активність ензимів починає зростати і на 34 добу зберігання досягає 18 %. Обробка яблучного соку під високим тиском суттєво не вплинула на вміст яблучної кислоти, і він дещо збільшився протягом періоду зберігання 34 доби (3,79 – 3,92 мг/мл). Аскорбінова кислота яблучного соку була сильно розкладена (від 211 до 1,83 мг/кг) протягом періоду зберігання 34 доби при 4 °С [46]. Термін придатності гранатового соку було подовжено до більш ніж 35 діб при обробці при 350 МПа/150 с завдяки зниженню навантаження мікробних клітин на 4 логарифмічні цикли. Відновлені соки матимуть короткий термін зберігання через високий вміст вологи [47]. Інші вчені [1] досліджували відновлений апельсиновий сік при обробці при 35 °С/500 МПа / 5 хв. Вони виявили збільшений термін придатності 81 добу при упаковуванні в поліпропіленові пляшки та 109 діб у гнучких пакетах при 0 °С. Яблучний сік із *S. cerevisiae* ATCC 9763(10^3 КУО/мл) при обробці 0,12 л/хв/8 хв зменшував *S. cerevisiae* ATCC 9763 до 33 – 40 КУО/мл, і термін придатності був значно подовжений, ніж контрольні зразки [48]. Колір гранатового соку змінювався при обробці вище 350 МПа. Антиоксидантна здатність була знижена зі збільшенням тиску та часу зберігання [47]. Коли ананасове пюре обробляли при 600 МПа/50 °С/13 хв, 600 МПа/70 °С/20 хв, 0,1 МПа/95 °С/12 хв і упаковували в багатошаровий поліетилентерефталат і етилен вінілового спирту та зберігання при 5 °С, 15 °С, 25 °С, виявили збільшений термін зберігання до 125 діб шляхом інактивації мікроорганізмів за $< 6 \log$ циклу [25].

Газоподібний озон у концентрації 600 мг/год/50 хв використовувався для обробки фруктових соків пуммело, що значно зменшило кількість аеробних бактерій, дріжджів і цвілі у фільтрованих соках, ніж у

нефільтрованих соках. Мікробна інактивація посилювалася зі збільшенням часу обробки озоном. Він був неефективним для інактивації активності ензимів в соці пуммело [14].

При обробці яблучного соку за інтенсивності 13, 22, 35 і 50 кВ/см з 2 – 10 імпульсами з тривалістю імпульсу 2,5 мкс кількість *Saccharomyces cerevisiae* зменшилася на 6 log. За цих умов термін зберігання збільшився до 21 доби та 9 діб, відповідно, при 4 °С та при кімнатній температурі. Також у соці зберігався високий рівень органолептичних властивостей [1]. Більший час обробки та висока напруженість поля були більш ефективними щодо інактивації мікробів та активності ферментів.

Апельсиновий сік обробляли при 20, 25, 30 і 35 кВ/см з часом обробки 39, 49 і 59 мкс. Зразки, оброблені при 35 кВ/см протягом 59 мкс, зменшили кількість мезофільної мікробіоти, дріжджів і цвілі на 7 логарифмічних циклів і інактивували 90 % активності ензимів. Мікробний ріст не спостерігався протягом періоду зберігання 112 діб при 4 °С, 22 °С і 37 °С. Грейпфрутовий сік обробляли при 40 °С/20 кВ/см/80 мл/хв/1 кГц/600 мкс з подальшою обробкою ультразвуком при 20 °С/600 Вт/28 кГц/30 хв. Це зменшило загальну аеробну мікробіоту з 4,03 до 2,12 log КУО/мл, а дріжджі та цвіль – з 3,63 до 1,91 log КУО/мл, що краще, ніж ультразвук і імпульсне електричне поле. Вміст каротиноїдів, лікопіну, вміст антоціанів і антиоксидантна активність зросли з 0,84 до 1,26 г/мл, 0,32 до 0,92 г/мл, 1,37 до 1,68 мг/л і 177 до 262 мг/г відповідно. Виявлено значне збільшення флавоноїдів (від 640 до 730 г/г) і загального вмісту фенолів (від 820 до 946 г/г) [50].

При обробці купажу напою з яблука, карамболи та чорного столового винограду за допомогою імпульсового світла потужністю 3000 Дж/см² та термічної обробки 90 °С/5 хв термін придатності збільшувався до 45 діб із повною інактивацією мікроорганізмів (> 6 логарифмічний цикл) в обох зразках. Але після 45 днів зберігання зразок, оброблений імпульсним світлом зберігав на 61 % більше антиоксидантів, 38,8 % більше кислот і 68,2% більше аскорбінової кислоти, ніж термічно оброблений зразок [51]. Ультразвукова

обробка 150 Вт/36 кГц апельсинового та солодкого лаймового соків показала більше збереження аскорбінової кислоти, кольору та вмісту цукру, ніж УФ-обробка та комбінація УФ-обробки та ультразвуку [52]. Полуничний сік багатий пребіотиками, обробляли ультразвуком при 180 Вт/40 кГц/15 і 30 хвилин і зберігали при 50 °С, збільшуючи термін придатності до 14 діб. Виявили значне зниження кількості мікробів на 7 логарифмів (<1 КУО/мл) та не спостерігали появу мікробного росту протягом усього періоду зберігання. Полуничний сік не демонстрував жодних значних змін у сенсорних властивостях і мав на 25 % збільшений вміст фенолів, підвищену антиоксидантну активність [53]. Яблучно-морквяні суміші обробляли при 25 °С/500 Вт/20 кГц/10 хв, це зменшило кількість аеробних мезофілів, дріжджів і цвілі на 7 log і подовжило термін зберігання до 14 діб [54]. Ультразвукова обробка не змінила рН, смак, колір і антиоксидантну активність яблучно-морквяних сумішей, лимонно-динного соку, яблучного, виноградного соку, моркви та соку манго [54].

Коли ананасовий сік обробили ультрафіолетовим випромінюванням 7500 Дж/см² і зберігали при 5 °С, його термін придатності збільшився до 14 діб із збереженням високого вмісту аскорбінової кислоти та антоціанів [54]. Коли ананасовий сік обробляли ультрафіолетом 53,42 Дж/см² протягом 4,2 с і зберігали при 4 °С, термін придатності збільшувався до 13 діб із кращим збереженням загального вмісту фенольних сполук, антиоксидантної здатності та аскорбінової кислоти [1].

1.5 . Вплив нетермічної обробки на інші фруктові продукти

Кілька нетермічних методів застосовуються до оброблених фруктових продуктів для продовження терміну їх зберігання. Оброблені фруктові продукти пройшли такі операції, як нарізка, кип'ятіння, варіння тощо, включаючи пюре, батончики тощо. Застосовували нетермічні методи, які часто застосовуються для цілих фруктів, це холодна плазма, ультрафіолетове та імпульсне світло, ультразвук тощо. Встановлено, що перероблені фруктові

продукти менш схильні до псування, ніж свіжі фрукти, завдяки зміненому складу продукту. Стійкі до кислот, осмофільні дріжджі та пліснява головним чином відповідають за псування. При обробці полуничного пюре при 300 і 600 МПа/15 хв термін придатності збільшувався з 4 до 28 тижнів із повною інактивацією мікробного навантаження та ендогенних ферментів. Вміст вітаміну С краще зберігався при 300 МПа (44 мг/г), ніж 600 МПа (23 мг/г), і краще зберігався протягом усього періоду зберігання [1].

Таким чином, 300 МПа є більш ефективним для активності ферменту, ніж 600 МПа [55, 56]. Обробка під високим тиском краще інактивує мікроорганізми, ніж обробка при високій температурі. Навантаження на клітини *Byssochlamys nivea* зменшується на 2 логарифмічні цикли при обробці при 600 МПа при 75 °С, а не при 85 °С (зменшення 1,4 log) [57]. При обробці 500 або 600 МПа протягом 1,5 – 3 хв термін зберігання полуничного пюре подовжувався до 49 діб. Тим не менш, вміст сенсорних речовин, антоціанів і вітаміну С було втрачено через активність ферментів під час зберігання. Тому краще підходять продукти з низькою початковою активністю ферменту [58]. Також дослідники провели обробку полуничного пюре високим тиском при 50 °С/500 МПа/15 хв, чим самим збільшивши термін придатності до 12 тижнів на основі мікробної стабільності. Але через 6 тижнів вміст поліфенолів, антоціанів і аскорбінової кислоти знизився і досяг 68 %, 27 % і 0 %, відповідно. Коли пюре гуави обробляли високим тиском при 25 °С/400 МПа/15 хв, кількість аеробних мікроорганізмів знижувалася з 5200 до 200 КУО/мл (зниження >10 log). При обробці при 25 °С/600 МПа/15 хв кількість аеробних мікробів зменшилася з 5200 до <10 КУО/мл, а зберігання при 4 °С подовжило термін зберігання до 40 діб без зміни фізико-хімічних властивостей, сенсорних і кількості мікробів [1]. Батончики манго досягли 18-добового терміну зберігання після обробки їх при 500 МПа протягом 120 і 240 с з незначним впливом на вивільнення смаку та повною інактивацією росту мікробів [59].

1.6. Вплив нетермічної обробки на стан фруктів за зберігання

Цільні фрукти – це переважно яблука, полуниця, малина, помідори, ананаси тощо. Нетеплові методи, які часто застосовуються для цілих фруктів, – це холодна плазма, ультрафіолетове та імпульсне світло, високий тиск, тощо [1].

Цілі фрукти можуть містити мікроорганізми на своїй поверхні, які є відповідальними за псування, проникаючи в глибші шари фруктів, коли відбувається будь-яке незначне пошкодження захисних зовнішніх шарів і тканини. Запобігти цьому можна знезараженням плодів різними нетепловими методами. Обробка цілих яблук холодною плазмою протягом 180 с призводить до зменшення кількості мікроорганізмів, що викликають псування (кишкова паличка, ентеробактер, сальмонела) $>5 \log \text{ КУО/г}$ [60]. Збільшення тривалості обробки підвищило ефективність плазмової методики, але не показало істотних змін при подальшому збільшенні вище оптимальної межі. У дослідженнях холодна плазма ефективно інактивувала 1 логарифмічний цикл *Salmonella* (початкове навантаження 10^5 КУО/г) на грушах після обробки протягом 4 секунд і зменшила кількість дріжджів і цвілі на $2,5 \log \text{ КУО/г}$ протягом 90 секунд [61]. Після обробки холодною плазмою протягом 10 хвилин у бананах не спостерігався ріст грибків навіть після зберігання протягом 7 діб [62]. Ягоди чорниці, оброблені холодною плазмою протягом 10 хвилин, показали зниження кількості дріжджів і плісняви на 25,8 % і зниження бактеріального навантаження на 93 % [63]. Вишня продемонструвала повну інактивацію мікрофлори при 30-секундній обробці плазмою [1]. Різні теорії показують більш значне пригнічення росту мікробів при нанесенні холодної плазми на фрукти з блискучою та гладкою поверхнею через обмежені вигнуті структури, що призводить до збільшення впливу мікроорганізмів на середовище обробки. Інактивація *Enterobacter* на шкірці канталупи зменшилася через шорсткість шкірки. $\text{H}_2 \text{O}_2$ – плазма, створена аргонном, у два рази ефективніша для *Listeria*, ніж *Salmonella*, під час

30-секундної обробки [29]. Обробка холодною плазмою (6 кВ/42 кГц) й світловим імпульсом (80 Дж/імпульс/2,5 мТл/3 Гц/15 хв) цілої полуниці збільшили термін зберігання до 17 діб [29]. Холодна плазма та високий тиск допомогли ефективно збільшити термін зберігання, навіть незважаючи на те, що вміст вологи в полуниці становив 92 % завдяки інактивації мікробів на 0,9 log циклу. Низька температура в технології холодної плазми не викликає непотрібних фазових змін і сприяє кращому збереженню фізико-хімічних і поживних властивостей. Під час обробки холодною плазмою полуниці не виявлено впливу на рН, який був 3,59 од, за впливу високого тиску – рН була 3,60 од, а у контролі рН – 3,61 од. Під час зберігання полуниці вміст аскорбінової кислоти знижувався. Зокрема за дії високого тиску підвищувалася активність глюкозидази щонайменше на 35 % і на 20 % більше, ніж контроль. Колір чашолистків полуниці був дещо змінений через взаємодію між окисними видами плазми та чашолистками полуниці, що може бути наслідком перекисного окислення. Зразки, оброблені плазмою, показали вищу швидкість дихання, ніж інші, що вказує на те, що ця обробка викликає хімічний стрес тканини реактивними видами плазми. Отже, зміна рН протягом періоду зберігання була незначною. Завдяки збільшенню швидкості потоку газу, промивання холодною плазмою свіжої полуниці зменшило загальну кількість бактерій, зокрема *E. coli*, *сальмонели*, дріжджів і цвілі на 2 логарифмічні цикли [27]. Було проведено багато досліджень щодо впливу холодної плазми на мікробну інактивацію, але обмежені дослідження проводилися щодо оцінки терміну придатності та його впливу на параметри якості полуниці.

Термін придатності плодів лічі подовжено до 32 діб при обробці високим тиском при 100 – 300 МПа/10 і 15 хв. Це зменшило кількість аеробних, дріжджових і цвілевих грибів на 3,29, 3,24 і 3,77 логарифмічних циклів. Вміст аскорбінової кислоти (від 0,279 до 0,233 г/кг) незначно знижувався при підвищенні тиску. Протягом 32 діб у зразках, оброблених під високим тиском, зменшувався відсоткове зниження аскорбінової кислоти.

Найнижчу деградацію спостерігали у зразку, обробленому при 300 МПа протягом 15 хвилин (30 %), а не при 100 МПа протягом 5 хвилин (42 %) [64]. Аргон під високим тиском і азот при 10 МПа/20 хв збільшили термін зберігання ананасів до 20 діб. Високий тиск аргону кращий за дію високого тиску азоту за швидкістю дихання, зниженням ступеня потемніння та збереженням антиоксидантної здатності. Водночас за цих обробок відмічається незначне зниження вмісту аскорбінової кислоти та загальних фенольних сполук [65, 66].

У дослідженнях, коли помідори чері обприскували перекисом водню (H_2O_2), гіпохлоритом натрію (NaClO), кислою електролізованою водою (AcEW) і озоною водою (O_3) і зберігали при $+5\text{ }^\circ\text{C}$, термін придатності помідорів подовжувався до 20 діб через інактивацію мікробів до рівня, який неможливо виявити [1]. Швидкість дихання та утворення етилену були знижені в зразках, оброблених O_3 [67]. Запечатаний харчовий продукт зменшує ризик, пов'язаний з обробкою озоном для знезараження харчових продуктів. Коли упаковану малину обробляли концентрацією озону від 100 до 400 мг/кг/0,5-3 с, кількість мікробів зменшувалась на 0,8 log і на 1,4–3,4 log на малині та чорниці відповідно. Така обробка подовжувала термін придатності на 2–3 доби [68]. Плоди шовковиці обробляли концентрацією озону 0,64 мг/м³ і 5,14 мг/м³ за температури $+2\text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості 95 % навколишнього повітря і досліджували протягом 6 діб. Виявлено, що зразки, оброблені при 5,14 мг/м³ і зберігання за $+2\text{ }^\circ\text{C}$, мають нижче мікробне навантаження, ніж зразки, оброблені при температурі навколишнього середовища [69]. Плоди манго (*Mangifera indica* L.) фумігували озоном при 2 мкл/л протягом 20 хв і 10 мкл/л/10 хв. Виявлено, що озон у концентрації 10 мкл/л зменшує швидкість дихання та біосинтез етилену, а також зменшує втрату ваги під час зберігання, таким чином подовжуючи термін зберігання [70].

Підсумки з огляду

Фрукти та продукти з них є життєво важливими продуктами харчування для споживачів. Їх збереження необхідно розглядати з точки зору мікробної та фізико-хімічної стабільності. Незважаючи на те, що термічна обробка забезпечує мікробну безпечність, вона не гарантує збереження поживної й біологічної цінності цих продуктів й більший термін зберігання. У зв'язку з цим виникає потреба в нетермічних технологіях продовження терміну зберігання фруктів і продуктів вироблених з них. Нетепловий технологічний підхід має потенціал для задоволення бажаних аспектів споживача, зберігаючи при цьому оригінальність харчових продуктів протягом усього терміну їх зберігання. У деяких продуктах під час зберігання можна спостерігати зростання мікроорганізмів. Таким чином, знижується термін придатності продукту, що є основною проблемою. Отже, має бути краще розуміння нетермічного механізму мікробної інактивації та його ефектів. У більшості досліджень нетеплова обробка повністю інактивувала ріст мікроорганізмів під час обробки і не показала жодних змін навіть під час зберігання.

Тому умови нетермічного процесу слід розробляти таким чином, щоб досягти мікробної стабільності, інактивації ферментних систем, фізико-хімічної відповідності та харчової й біологічної цінності. Дослідження показують, що нетермічно оброблена фруктова продукція має широкий діапазон термінів зберігання – від 2 – 3 до 309 діб.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

Метою даного дослідження було визначити вплив реакції середовища (рН, ОВП), мікробіоти фруктових соків на термін їх зберігання і показники свіжості.

Об'єкт дослідження – свіжі фрукти, необроблені фруктові соки, рН, редокс-потенціал, мікробіота фруктів й свіжих соків, МАФАНМ, дріжджі.

Предмет дослідження: вплив холодового й кімнатного режимів зберігання фруктових соків на показники рН, ОВП, кислотності й мікробіоти.

Методи досліджень: патентно-аналітичні (огляд літературних публікацій щодо застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків); фізико-хімічні (визначення рН, ОВП, кислотність), мікробіологічні (визначення молочнокислої й дріжджової мікробіоти, МАФАНМ); органолептичні (смак й колір), статистичні (вірогідність отриманих даних).

Структура магістерської роботи представлена на рисунку 2.1.

Вона складається з таких чотирьох блоків:

- перший – аналітично-оглядовий, у якому наводяться дані щодо застосування різних технологічних рішень для збільшення терміну придатності фруктових соків;

- другий – експериментальний блок, у ньому наводяться результати проведених досліджень щодо величини рН, редокс потенціалу, забруднення мікроорганізмами та про вітамінний склад свіжих фруктів та отриманих з них соків.

У третій частині проводиться оцінювання свіжо вичавлених соків за показниками рН, редокс потенціалу, зміни мікробіоти за зберігання в холодильнику при $+4,0 \pm 0,5$ – протягом 5 діб.

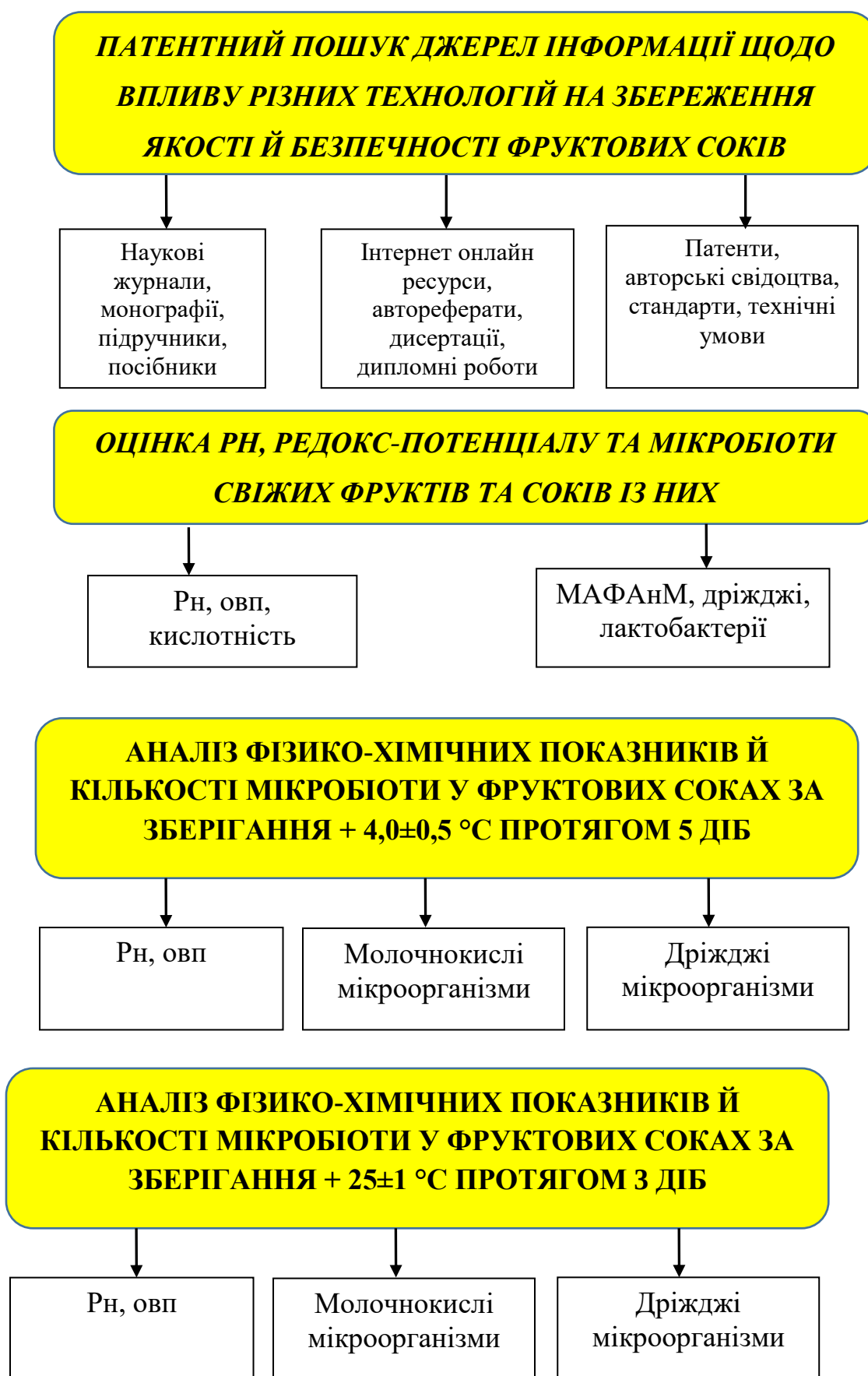


Рисунок. 2.1. – Схема досліджень

У четвертій частині проводиться оцінювання свіжо вичавлених соків за показниками рН, редокс потенціалу, зміни мікробіоти за зберігання в кімнатних умовах при $+ 25,0 \pm 1$ – протягом 3 діб.

2.2. Методи досліджень

У кваліфікаційній роботі під час виконання дослідної частини в основному були використанні загальноновживані стандартні методи визначення рН, редокс-потенціалу із використанням рН-метру 150МИ. Для цього використовували методичні рекомендації, які надаються заводом виробником.

Мікробне обсіювання свіжих фруктів проводили методом змивання з наступним висівом змивної рідини на відповідні середовища для визначення МАФАНМ використовували МПА (мясопептонний агар), для дріжджів – Сабуро й для молочнокислих бактерій – MRS. Після інкубації посівів проводили підрахунок колоній з перерахунокм на 1 мл змивної рідини. У свіжоприготовлених та за зберігання соків визначали вище наведені мікробіологічні показники шляхом посіву 1 мл та їх десятикратних розведень на відповідні живильні середовища [76]. Органолептичні показники соків визначали за загальноновживаними методами. Усі дослідження виконувалися у трьох разовій повторюваності, а отриманий цифровий матеріал піддавалися методам статистичної обробки з використанням ліцензійного програмного забезпечення Word Excel. Результати вважали вірогідними, коли різниця між порівнюваними величинами становила $P \leq 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Значення показників рН, кислотності та ОВП у формуванні споживчих властивостей фруктових соків

Одним із найпомітніших впливів кислотності фруктових соків є формування смаку. Надмірна кислотність може зробити смак занадто різким, що не завжди подобається споживачам. У таких випадках виробники регулюють кислотність, додаючи натуральні речовини або змішуючи соки з менш кислими компонентами, такими як яблуко чи груша [31].

Крім смакових характеристик, кислотність відіграє важливу роль у збереженні кольору соків. Пігменти, що відповідають за колір, чутливі до змін кислотності. Наприклад, антоціани, які забарвлюють ягоди, виноград та вишню у червоний чи фіолетовий кольори, у кислому середовищі виглядають насиченими та яскравими. Проте якщо кислотність знижується, ці пігменти можуть змінювати свій колір, стаючи менш привабливими. У процесі виробництва контролю рівня рН приділяється велика увага, щоб уникнути таких небажаних змін [32].

Також кислотність впливає на текстуру та стабільність соку. В кислому середовищі сповільнюються окислювальні процеси, що допомагає зберегти природний аромат і смак продукту. До того ж правильний рівень кислотності запобігає утворенню осаду, який може погіршити вигляд готового продукту.

Ще одним важливим аспектом є мікробіологічна безпека, оскільки низький рівень рН, який природно перешкоджає розмноженню патогенних мікроорганізмів, таких як *Clostridium botulinum*. Це особливо важливо для тривалого зберігання соків. Наприклад, пастеризовані соки зазвичай мають достатню кислотність, щоб залишатися безпечними навіть без додаткових консервантів [31].

У деяких випадках кислотність є основою для створення нових смаків і продуктів. Наприклад, ферментація фруктових соків, як у випадку сидру чи комбучі, знижує рівень рН завдяки діяльності молочнокислих бактерій або дріжджів. Це не лише додає унікального смаку, але й підвищує безпечність продукту, завдяки підкисленню середовища [31].

У виробництві фруктових соків взаємозв'язок між рН, кислотністю та редокс-потенціалом має практичне значення. Наприклад, низький рН забезпечує природний захист продукту від мікроорганізмів. При рН нижче 4,5 розвиток багатьох патогенів, таких як *Clostridium botulinum*, стає неможливим. Це дозволяє зменшити кількість консервантів і забезпечити тривале зберігання продукції. Водночас редокс-потенціал впливає на стабільність кольору та аромату. Такі пігменти, як антоціани, що відповідають за червоний або фіолетовий колір, залишаються стабільними в кислому середовищі та за низького редокс-потенціалу. Однак підвищення окислювального потенціалу може викликати небажані зміни кольору, наприклад, потемніння яблучного соку [32, 38].

Фрукти та продукти з них є значними джерелами мікроелементів корисних для здоров'я сполук. Проте, їх висока водна активність робить ці продукти придатним для росту різноманітних мікроорганізмів, що викликають псування (*Salmonella*, *Listeria* spp., *Bacillus* spp. тощо) [33]. Через ці зміни у фруктових соках значно зменшуються терміни зберігання й їх придатність, щоб бути доступними в міжсезоння. Крім мікробного псування, фрукти також можуть бути пошкоджені процесами дихання, старіння, окисними реакціями, фізичним пошкодженням, перетворенням крохмалю тощо. Тому збереження свіжих фруктів і продуктів з них стало найвищим пріоритетом для виробників консервної промисловості. Звичайні технології, такі як термічна обробка та сушіння, спрямовані на запобігання росту мікроорганізмів, але погіршують поживний склад і органолептичні показники соковмісної продукції. Таким чином, нетеплова обробка є найбільш перспективним методом інактивації мікроорганізмів у фруктових

продуктах і продовження терміну їх зберігання при збереженні максимальної кількості поживних речовин у продукті. Тому вивчення факторів, які впливають на природний стан компонентів фруктових соків необхідне для запровадження технологій лагідної обробки з метою збільшення строків реалізації.

3.2. Характеристика свіжих фруктів та соків з них за показники рН, ОВП та кількості мікроорганізмів

Оскільки корисні речовини соків, такі як пігменти, антоціани, вітаміни, тощо, як правило, чутливі до несприятливих умов, таких як температура та рН, колір свіжих соків може просто змінитися під час обробки соку через деградацію пігментів. Важливо визначити початкові значення цих показників у свіжих фруктах для оцінки можливих змін та впливу чинників за зберігання. Адже, термічна пастеризація є одним із методів консервування, який зазвичай використовується для продовження терміну придатності соків, оскільки він здатний інактивувати мікроорганізми та небажані ферменти. Також, вплив тепла призводить до небажаної дії на поживні та сенсорні якості соків. Колір є одним із сенсорних атрибутів, який часто використовувався для визначення якості сільськогосподарських і харчових продуктів завдяки прямому зв'язку між кольором і смаком. Враховуючи це у табл. 3.1 приведені наші результати щодо оцінки свіжих фруктів за показником рН та ОВП.

**Таблиця 3.1. – Оцінка свіжих фруктів за показником рН та ОВП,
 $M \pm m$, $n=36$**

№п/п	Назва фрукту	рН, од	ОВП, мВ
1	Полуниця	$3,4 \pm 0,2$	$108,4 \pm 7,7$
2	Абрикос	$3,6 \pm 0,2$	$127,4 \pm 8,1$
3	Апельсин	$3,5 \pm 0,1$	$119,2 \pm 9,1$
4	Банан	$4,8 \pm 0,1$	$181,3 \pm 12,5$

Продовження табл. 3.1.

5	Вишня	$3,7 \pm 0,2$	$173,4 \pm 11,2$
6	Грейпфрут	$3,4 \pm 0,1$	$136,5 \pm 9,1$
7	Груша	$3,8 \pm 0,2$	$221,3 \pm 7,3$
8	Лимон	$2,3 \pm 0,1$	$81,3 \pm 5,1$
9	Малина	$3,3 \pm 0,2$	$113,4 \pm 7,1$
10	Персик	$3,7 \pm 0,1$	$141,2 \pm 6,8$
11	Яблуко	$3,6 \pm 0,2$	$111,5 \pm 6,2$
12	Виноград	$3,9 \pm 0,2$	$125,4 \pm 8,1$

Спостерігаємо з даних табл. 3.1, що значення величин рН свіжих фруктів знаходиться у вузькому діапазоні від 2,3 до 4,8 од. тобто активність іонів водню цих продуктів відповідає кислому середовищі. При цьому до сильно кислих досліджених фруктів належать закономірно лимон (рН $2,3 \pm 0,1$), малина (рН $3,3 \pm 0,2$), полуниця, рейпфрут ($3,4 \pm 0,1$), а до слабо кислих – банан ($4,8 \pm 0,1$), виноград ($3,9 \pm 0,2$), груша ($3,8 \pm 0,2$). Тобто кисле середовище фруктів буде в більшій мірі сприяти розвитку ацидофільних мікроорганізмів до як відносять дріжджі та молочнокислу мікрофлору.

За показником редокс-потенціал (ОВП) досліджені нами фрукти мали позитивний потенціал, який знаходився в межах від 100 до мВ. При цьому найнижчий редокс-потенціал мали наступні досліджені нами фрукти: лимон (ОВП $81,3 \pm 5,1$ мВ), полуниця (ОВП $108,4 \pm 7,7$ мВ), малина, яблуко (ОВП $111,5 \pm 6,2$ мВ), а найвижчий – груша (ОВП $221,3 \pm 7,3$ мВ), банан (ОВП $181,3 \pm 12,5$ мВ), вишня (ОВП $173,4 \pm 11,2$ мВ). Тобто фрукти, які були кисліші відповідно мали нижче значення редокс-потенціалу, а ті які були слабо-кислі характеризувалися вищим показником ОВП. Загалом дослідники [71] вважають, що продукти та рідини, які людина споживає повинні мати низькі значення редокс-потенціалу або навіть відємні, оскільки вони краще засвоюються та

впливають на метаболітичні процеси в клітинах. До того ж біологічні рідини в живому організмі зазвичай мають відємний редокс-потенціал. Тому у випадку оцінки свіжості фруктів, чим нижче значення цього показника, тим вважається кращим, оскільки в ньому ще не розпочалися окислювальні процеси.

У табл. 3.2 приведено наші результати щодо оцінки свіжоприготовлених фруктових соків за показником рН та ОВП.

Таблиця 3.2. – Оцінка свіжоприготовлених фруктових соків за показником рН та ОВП, $M \pm m$, $n=36$

№п/п	Назва фрукту	рН, од	ОВП, мВ
1	Полуниця	$3,4 \pm 0,2$	$105,5 \pm 7,1$
2	Абрикос	$3,6 \pm 0,2$	$121,3 \pm 7,3$
3	Апельсин	$3,5 \pm 0,1$	$114,1 \pm 8,9$
4	Банан	$4,8 \pm 0,1$	$175,35 \pm 12,3$
5	Вишня	$3,7 \pm 0,2$	$170,1 \pm 10,3$
6	Грейпфрут	$3,4 \pm 0,1$	$131,4 \pm 8,8$
7	Груша	$3,7 \pm 0,2$	$218,35 \pm 7,1$
8	Лимон	$2,4 \pm 0,1$	$80,31 \pm 4,8$
9	Малина	$3,2 \pm 0,2$	$106,3 \pm 6,7$
10	Персик	$3,6 \pm 0,1$	$138,5 \pm 6,3$
11	Яблуко	$3,5 \pm 0,2$	$108,7 \pm 6,0$
12	Виноград	$3,8 \pm 0,2$	$119,6 \pm 7,8$

Спостерігаємо з даних табл. 3.2 незначні зміни у свіжоприготовлених соках значень активності іонів водню та редокс-потенціалу, якщо порівняти із свіжими фруктами. Зокрема величини рН свіжоприготовлених соків практично не відрізнялися від показників у фруктах, а значення редокс-потенціалу трохи зменшилися, що ймовірно залежить від стану продукту, адже сік на відміну від фруктів містить тільки рідку фракцію,

яка більш піддається окисленню й відновленню киснем з повітря. Свіжий сік містить біологічні речовини, які підтримують низькі значення ОВП.

Отже, дослідження виявили, що фрукти в основному мають кисле й слабо кисле рН (2,5 – 3,5 од) з позитивним вище 100 мВ окисно-відновним потенціалом. Свіжо виготовлені соки із цих фруктів суттєво не відрізняються за цими показниками від самих фруктів. Отримані величини цих значень необхідно приймати, як ті, що характеризують свіжість фруктів й продуктів з них.

Псування соковмісної продукції у першу чергу пов'язано з розвитком мікроорганізмів, оскільки соки та продукти з них багаті мінеральним та вуглеводневим складом, який благополучно впливає на ацидофільні мікроорганізми – збудники спричинення технічних вад. Тому у консервному виробництві соковмісної продукції термічна обробка або інші технології (нетермічна обробка), які направлені на знищення мікробіоти цих продуктів має на меті подовжити термін зберігання продукції, щоб можна було її реалізовувати круглорічно. До того зазвичай такі технології ще призводять до інактивації ензимів соковмісної продукції, які також відіграють роль у її псуванні. Дослідники повідомляють [1, 4, 22] і вказують, що мікробіота фруктів й соковмісної необробленої свіжої продукції зазвичай забруднена епіфітними видами дріжджів й видами молочнокислих бактерій. Серед дріжджів найактуальніші представники роду *Candida*, *Pichia*, *Dekkera* й сахароміцети. Також наявна велика кількість грибів переважно родів цільової групи *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Aspergillus*, *Zygosaccharamyces*, *Cladosporium*, тощо.

Бактеріальна мікробіота у більшій мірі контамінована молочнокислою (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*), та ацетокислою групою із родів *Acetobacter*, *Alicyclobacter*, *Bacillus*, *Gluconobacter* [22]. Саме усі перераховані види термічної й нетермічної обробки та режими, які описані в розділі 1 направлені на зниження та зменшення вмісту у готовій продукції.

З метою підбору ефективної стратегії зменшення втрат від псування соковмісної продукції необхідно вибирати відповідну термічну чи нетермічну техніку впливу на мікробіоту, при чому такі показники як рН і ОВП можуть служити маркерами свіжості продукції. Тим самим не зменшуючи термін зберігання фруктових продуктів.

У табл. 3.3 представлені експериментальні дані щодо контамінації небезпечними технічно-шкідливими мікроорганізмами п'яťох свіжоприготовлених соків.

Таблиця 3.3. – Контамінація мікроорганізмами свіжоприготовлених фруктових соків, $M \pm m$, $n=15$

Назва соку	Контамінація МАФАНМ, КУО/мл	Контамінація молочнокислими бактеріями, КУО/мл	Контамінація дріжджами, КУО/мл
Виноградний сік	$831,5 \pm 42,1$	$756,3 \pm 39,5$	$43,6 \pm 2,1$
Яблучний сік	$210,3 \pm 11,2$	$152,9 \pm 11,4$	$12,5 \pm 1,1$
Апельсиновий сік	$78,8 \pm 6,1$	$67,1 \pm 5,2$	$5,3 \pm 0,3$
Абрикосовий сік	$420,5 \pm 24,7$	$310,5 \pm 22,8$	$9,3 \pm 0,6$
Полуничний сік	$752,6 \pm 32,8$	$614,8 \pm 20,8$	$39,5 \pm 2,2$

Спостерігаємо (дані табл. 3.3), що кількісно мікробіота свіжоприготовлених фруктових соків відрізняється між собою, що залежить від виду фруктів використаних для приготування продукту. Зокрема, за контамінацією мезофільними бактеріями, та в цілому і за молочнокислими й дріжджами найбільш забруднені були виноградний й полуничний соки. Так з даних видів фруктових соків виділялися МАФАНМ $831,5 \pm 42,1$ КУО/мл та $752,6 \pm 32,8$ КУО/мл, відповідно. Абрикосовий та

яблочний свіжоприготовлені соки були контаміновані цією групою мікробіоти в 4,0 та 2,0 раза менше, ніж виноградний сік. Втім найменш забруднений мезофільними бактеріями був сік приготовлений з апельсинів – $78,8 \pm 6,1$ КУО/мл.

Тенденція щодо конатмінації молочнокислою мікробіотою була подібна до забруднення мезофільною, тобто найбільше й наменше обсіяні були тіж самі фруктові соки. Втім у загальному кількість молочнокислих бактерій у складі всієї мікробіоти була дещо менша, ніж мезофільних. У середньому кількість молочнокислих бактерій у даних соках була на 20 – 30 % менша, ніж мезофільних. Це вказує, що у складі мікробіоти фруктових соків, крім молочнокислої мікробіоти присутні інші види мікроорганізмів, які можуть впливати на його показники й стійкість до зберігання. Такий мікробіом соку необхідно враховувати при розробці способів підвищення термінів зберігання. У літературі повідомляється [32], що загальновідомі кислото- та цукротолерантні представники молочнокислої мікробіоти роду *Leuconostoc* та *Lactobacillus* мають здатність інтенсивно розмножуватись та відповідно викликати псування навіть висок концентрованої соковмісної продукції з низьким рівнем водневих іонів та високим вмістом вуглеводів.

Дріжджова мікробіота наших свіжоприготовлених соків була в десятки разів у меншій кількості представлена, ніж мезофільна й молочнокисла. Зокрема, у найбільш забруднених виноградному й полуничному соках, дріжджі кількісно складали $43,6 \pm 2,1$ КУО/мл та $39,5 \pm 2,2$ КУО/мл, відповідно. У яблучному й абрикосовому приблизно 10 КУО/мл, а у апельсиновому $5,3 \pm 0,3$ КУО/мл, тобто в середньому в 4 та 10 разів ці соки були менш заруднені дріждами, ніж виноградний й полуничний соки. Водночас зважаючи на убіквітарність й широкий температурний й кислотно-лужний діапазон для розмноження цих мікроорганізмів наявність навіть у невеликих кількостях робить їх небезпечними для стійкості цих продуктів до зберігання. Тому необхідно

враховувати початкове дріжджове забруднення соків у разі вибору технології їх знезараження.

Отже, мікробіота свіжоприготовлених наших соків містить мікроорганізми різних метаболічних груп, які здатні змінювати поживні компоненти соків та бути причиною виникнення псування у разі зберігання в необробленому стані. До того ж дріжджі можуть розвиватися за режимів холодильника.

Важливою характеристикою соковмісної продукції є наявність у їхньому складі біологічно-цінних речовин – каротиноїдів, вітаміну С, флаваноїдів, антоціанів, які проявляють антиокислювальні властивості. Цей потенціал зберігається в організмі під час їх споживання, тому рослинна продукція є практично єдиним джерелом надходження в організм даної групи біоактиваторів. За зберігання або під час технологічної обробки їх вміст може змінюватися тому початкове визначення цих біологічних цінних речовин у соці буде маркером змін за їх зберігання або впливу різних технологій.

У зв'язку з тим, що фруктові соки мають різний рН у табл. 3.4 приведено дані щодо вмісту вітаміну С, каротиноїдів, антоціанів.

Таблиця 3.4. – Наявність вітаміну С, каротиноїдів, антоціанів у свіжоприготовлених фруктових соках, $M \pm m$, $n=15$

Назва соку	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Вміст каротиноїдів, мг/100 г	Вміст антоціанів, мг/100 г
Виноградний сік (синій)	$7,8 \pm 0,6$	$0,11 \pm 0,02$	$26,7 \pm 2,4$
Яблучний сік	$4,3 \pm 0,3$	$0,04 \pm 0,01$	—
Апельсиновий сік	$51,4 \pm 2,7$	$0,33 \pm 0,03$	—
Абрикосовий сік	$8,1 \pm 0,6$	$1,35 \pm 0,1$	—
Полуничний	$48,8 \pm 2,3$	$0,03 \pm 0,02$	$33,8 \pm 3,1$

сік			
-----	--	--	--

Спостерігаємо (дані табл. 3.4) відмінності щодо вмісту вітаміну С у трьох досліджених нами фруктових соках. Зокрема, апельсиновий й полуничний соки характеризувалися відносно найбільшим вмістом цього вітаміну, близько 50 мг на 100 г продукції. Такий вміст вітаміну С у цих соках, це більше половини від загально визначеної добової норми для чоловіків і жінок. Втім у свіжому соці з винограду, яблук та абрикосів кількість вітаміну С була приблизно в 5 – 10 разів менша, ніж у апельсиновому або полуничному соках. Це свідчить про значне джерело цих соків у вітаміні, який впливає на ряд життєво важливих функцій організму.

Щодо вмісту каротиноїдів у досліджених нами соках відмічаємо значно переважаючий вміст у абрикосовому соці ($1,35 \pm 0,1$ мг/100 г), порівнюючи з яблучним і полуничним соком – $0,04 \pm 0,01$ та $0,03 \pm 0,02$ мг/100 г, відповідно. Це є свідченням того, що основними пігментами в деяких жовтих фруктових соках є каротиноїди, а у червоних соках – антоціани. Зокрема, останні виявлялися тільки у виноградному й полуничному соках у кількості близько 30 мг/100 г соку.

Отже, фруктові соки апельсиновий й полуничний є багатим джерелом на вітамін С, а абрикосовий й апельсиновий мають високі концентрації каротиноїдів. Втім антоціани містяться тільки у виноградному й полуничному соках, в інших не виявлялися. Тому для виробництва біологічно ціннішої соковмісної продукції за вмістом вітаміну С, каротиноїдів та антоціанів доцільно поєднувати між собою фруктову сировину, яка містить ці сполуки й виробляти мультифруктові соки. До того ж під час виробництва на кількість цих біологічних сполук можуть вплинути застосована технологія й термін зберігання.

3.3. Аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання у холодильному режимі $+ 4 \pm 0,5$ °C упродовж 5 діб

Дослідники [72] вказують, що смакові властивості та колір може бути змінений за різного рН соків. Зокрема за даними, свіжоприготований морквяний сік з рН 6,07 і доведеним до рН 3 – 8 призводив до зниження загального вмісту каротиноїду на 26 % у нейтральному та злегка основному стані (рН 7 та 8) та збільшення загального каротиноїду на 22 %, 27 %, 22 % і 18 % при кислому рН 3 – 6 од, відповідно. Тим часом свіжі змішані соки моркви, лимона, апельсина та яблука з низьким рН (3,15, 3,98 та 4,95 од) не показали зниження вмісту каротиноїдів після 8 днів зберігання при $+ 4$ °C. Однак при найнижчому рН (3,15 од) відбулося зниження загального вмісту каротиноїдів на 16 % [72]. Ці результати показують, що, незважаючи на те, що розкладання каротиноїдів у фруктових і овочевих соках було значно низьким (< 25 %), у кислих умовах загальний вміст каротиноїдів мав тенденцію до збільшення, що може бути викликано підвищенням розчинності кристалізованих каротиноїдів наявних у вакуолі рослинного матеріалу [73]. Ці результати є свідченням впливу рН фруктових соків на показники каротиноїдів, які є попередниками вітаміну А. До того ж є очевидним, що вплив має температура і час зберігання.

Отже, незважаючи на вимогу виробників зберігати сік промислового виробництва в умовах холодильнику в незамороженому стані не довше однієї доби ($+ 2 - + 4$ °C), ми в умовах змодельованого експерименту досліджували зміни свіжо вичавленого соку упродовж 5 діб. Проводили визначення фізико-хімічних показників, а саме рН, загальну кислотність та ОВП у виноградному, полуничному й апельсиновому соках, результати цих визначень приведено на рис. 3.1.

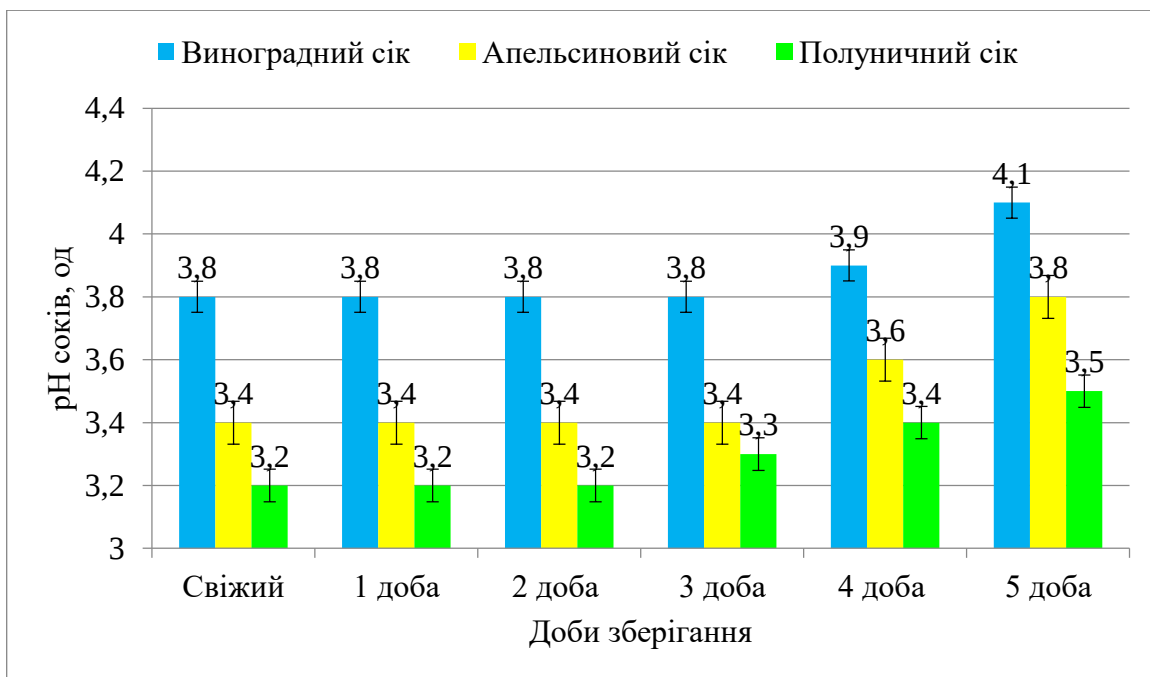


Рисунок 3.1. – Характеристика рН фруктових соків за зберігання (+ 4,0 ± 0,5 °С – 5 діб) в умовах холодильнику в незамороженому стані

Спостерігаємо (дані рис. 3.1), що у трьох досліджених свіжих соках рН становило 3,8 – у виноградного, 3,4 – у апельсинового та 3,2 – у полуничного. Під час трьох добового зберігання за + 4 °С зміни рН у даних соках не реєстрували, втім на четверту добу, в середньому у всіх досліджених соках рН збільшилося на 0,1 од в лужну сторону. Дослідження на п'яту добу виявило загальне збільшення у соках рН приблизно на 0,3 од в лужну сторону. Органолептична оцінка соків у даний період за шкалою кольорності не виявила різниці, порівнюючи з кольором у свіжо вичавленому соці. Ймовірно незначна зміна рН середовища на 0,3 од в лужну сторону не впливає на забарвлення каротиноїдів й антоціанів. Оскільки літературні дані свідчать, що зміни кольору антоціанів залежать від умов рН, і можуть відбуватися у разі впливу на їхню іонну природу молекулярної структури, при цьому тип антоціанів має значення [74]. Зокрема показано, що у кислому стані певний тип антоціанів має червоний колір, тоді як у нейтральному рН деякі з них, як правило, мають фіолетовий колір. При базовому рН колір

може змінюватися на синій, хоча цей колір також можна знайти в нейтральних умовах. Тому антоціани, зокрема ціанідин і дельфінідин [72], стають більш стабільними в кислому стані. Ціанідин виглядає червоним при $pH < 3$, фіолетовим при $pH 7$ і 8 і синім при $pH > 11$ [73].

Хоча у наших дослідженнях за зростання pH на $0,3$ од зміна кольору не відбувалася, інші дослідники вказують, що обробка кислотою призводить до зміни кольору свіжого апельсинового соку протягом 48 годин зберігання, оскільки його можна було відрізнити візуально. Контакт між кислотами та каротиноїдами викликає ізомеризацію 5,6- до 5,8-епоксикаротиноїдів, змінюючи жовто-оранжевий колір віолаксантину (основного каротиноїду в апельсиновому соку) на світло-жовтий 5,8:5',8. '-діепокси ізомер ауроксантин [75]. Проте після 48 годин зберігання колір контрольного соку та підкисленого соку не відрізнявся суттєво, оскільки через 96 годин соки виглядали візуально ідентичними [75]. Це показує, що зміна кольору жовтих соків, що містять каротиноїди, визначається не лише pH , але й часом зберігання та типом кислот.

Одночасно із оцінкою соків за величиною pH проводили визначення редокс-потенціалу протягом п'ять діб зберігання. Результати цих визначень приведено на рис. 3.2.

Спостерігаємо (дані рис. 3.2) більш значну зміну ОВП трьох фруктових соків упродовж холодильного зберігання. Зокрема динаміка ОВП відбувалася із знаком плюс, і якщо протягом двох діб різниці вірогідної ще не вімічали, то через три доби редокс потенціал у виноградному соці зріс на $10,8 \pm 0,3$ мВ, у апельсиновому на $6,5 \pm 0,2$ мВ та на $5,8 \pm 0,2$ у полуничному соці. Через п'ять діб дослідження найбільше зростання ОВП соків відмічали в полуничному на $6,1 \pm 0,2$ мВ, проти третьої доби зберігання. У виноградному й апельсинових соках зростання ОВП за цей період було незначним до 2 мВ.

Загалом зростання ОВП у позитивний бік вказує на початок окисно-відновних реакцій і такі соки вважаються менш корисними для

споживачів, оскільки у них процеси окислення переважають над відновленням. Тому зміна ОВП у позитивну сторону даних соків вказує на несвіжість продукту, якщо порівняти із початковим значенням.

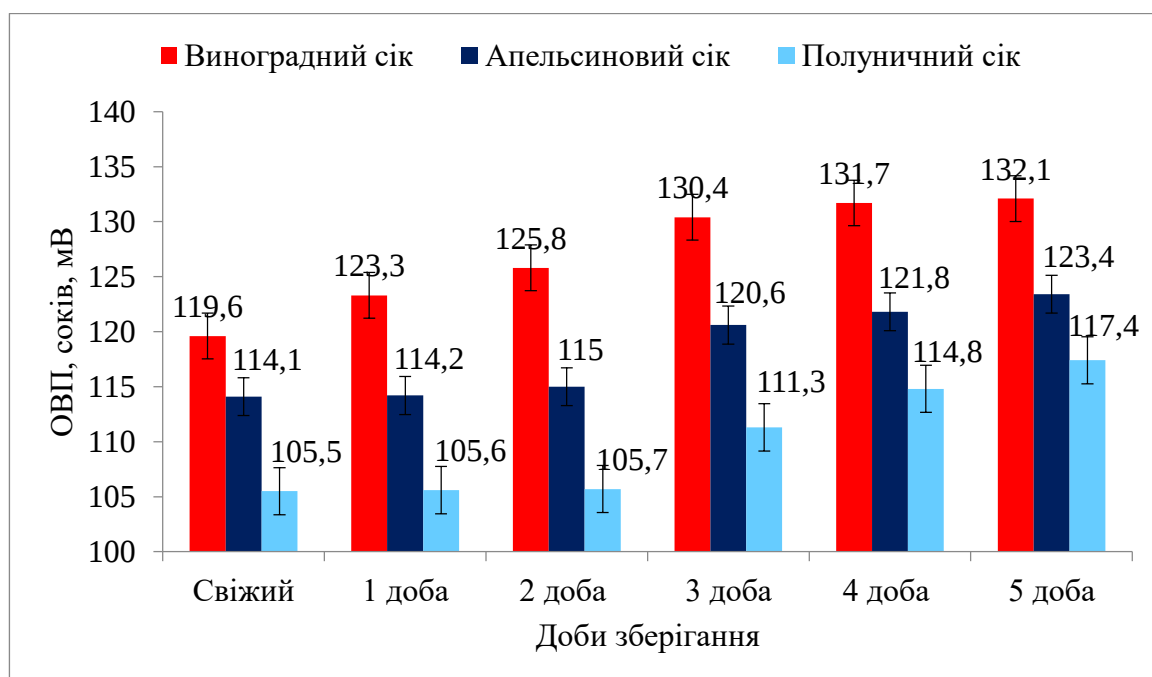


Рисунок 3.2. – Характеристика ОВП фруктових соків за зберігання ($+ 4,0 \pm 0,5$ °C – 5 діб) в умовах холодильнику

Хоча низька температура холодильника ($+ 4$ °C) в загальному не є сприятливою для розвитку молочнокислої мікробіоти, втім продукти, які зберігаються навіть за цих умов піддаються мікробіологічному псуванню. Враховуючи це, необхідно було визначити можливість до розмноження за цього режиму у молочнокислої мікробіоти свіжо вичавлених фруктових соків. Кількісні показники молочнокислої мікробіоти у фруктових соках за зберігання ($+ 4,0 \pm 0,5$ °C – 5 діб) приведено на рис. 3.3.

Спостерігаємо (дані рис. 3.3), що зазначена температура виявилася мало сприятлива для розмноження молочнокислої мікробіоти трьох дослідних соків, оскільки навіть через п'ять діб зберігання кількість лактобактерій не збільшилася до 1000 КУО/мл у виноградному й полуничному соках, а у апельсиновому не перевищувала 100 КУО/мл. Звичайно це пояснюється низьким початковим вмістом 600 – 700 КУО/мл у виноградному й полуничному соках та приблизно 70 лактобактерій у

апельсиновому соці. У соках промислового виробництва до застосування термічної обробки ця кількість в декілька разів є більшою, тому й склад мікробіоти промислового соку вважається набагато різноманітніши. Значну частину у такому соці перед пастеризацією чи стерилізацією займають психротрофні види лактобактерій здатні швидко подолати холодний шок під час зберігання.

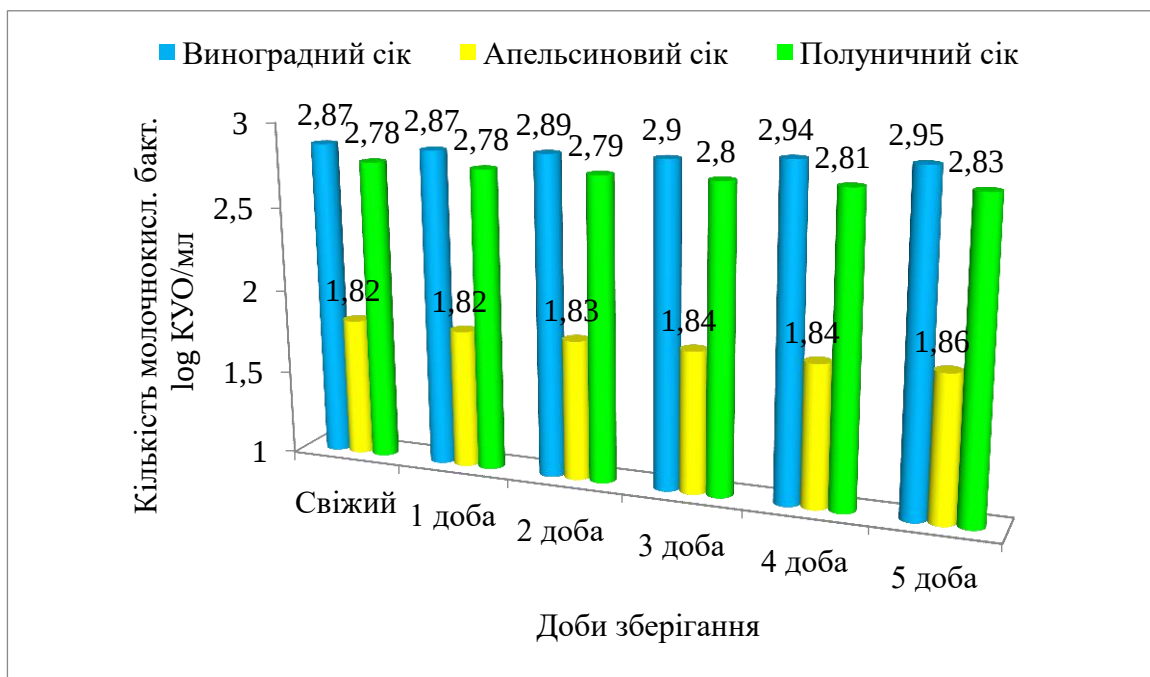


Рисунок 3.3. – Кількісні показники молочнокислої мікробіоти у фруктових соках за зберігання (+ 4,0 ± 0,5 °C – 5 діб)

Отже, молочнокисла мікробіота свіжоприготовлених необроблених виноградного, полуничного й апельсинового соків за незначного початкового обсіменіння 700 КУО/мл та 70 КУО/мл, відповідно, та за холодильного (+4 °C) режиму не здатна інтенсивно розвиватися протягом п'ять діб. Зазвичай кількість молочнокислих бактерій у необроблених соковмісних продуктах близько 1000 КУО/м не має негативного технологічного впливу щодо зростання кислотності та формування у них смакових дефектів. Це засвідчує важливість збереження соковмісної продукції з дотриманням умов охолодження навіть непастеризованих продуктів.

У даних соках за цього режиму зберігання також було визначено розвиток дріжджової мікробіоти, отримані результати приведено на рис. 3.4.

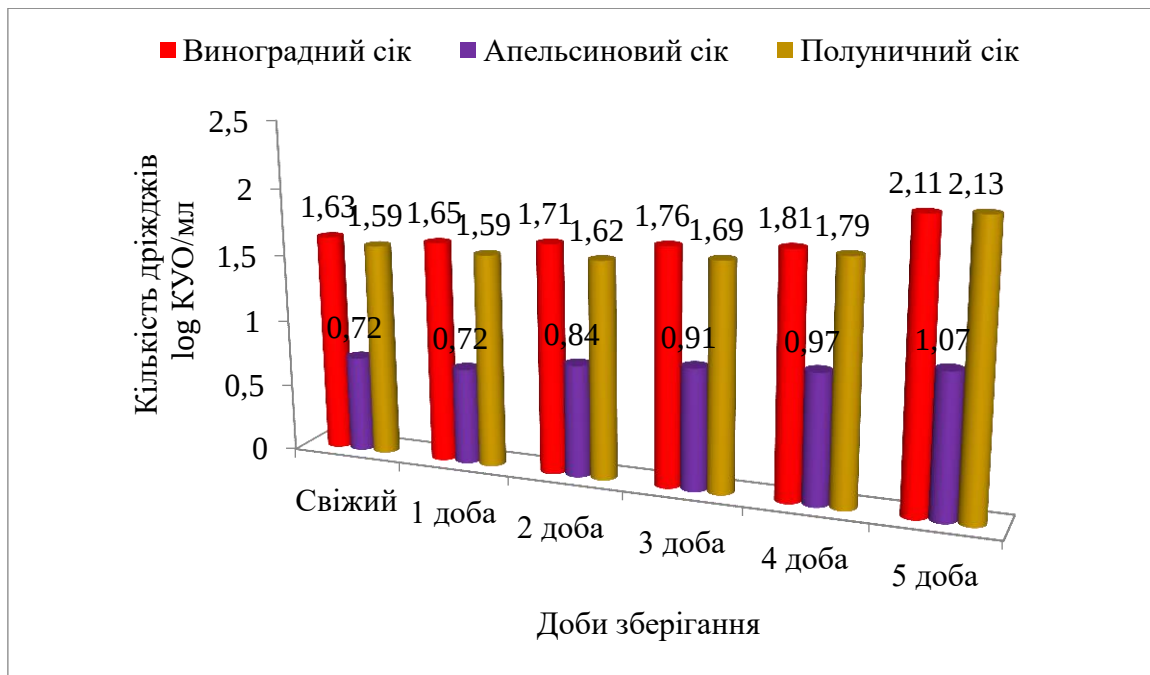


Рисунок 3.4. – Кількісні показники дріжджової мікробіоти у фруктових соках за зберігання (+ 4,0 ± 0,5 °C – 5 діб)

Спостерігаємо (дані рис. 3.4), що в усіх досліджених соках дріжджі проявляли свою активність навіть за температури + 4 °C, особливо розвиток ставав інтенсивнішим через три доби зберігання. На досліджену нами п'яту добу зберігання у цьому стані кількість дріжджів зростає в 3,0 та 3,45 рази у виноградному й полуничному соках, відповідно та в середньому в 2 рази в апельсиновому соці. У кількісному значенні на цей період зберігання їх вміст був, в середньому 130 КУО/мл у соках із більшим вмістом і близько 10 КУО/мл в апельсиновому.

Отже, дріжджова мікробіота свіжих необроблених соків має здатність розмножуватися навіть за + 4 °C і ймовірно в подальшому буде спричиняти дефекти смаку та фізико-хімічних показників у випадку збільшення до критичної кількості.

Отже, підсумовуючи дані цього розділу бачимо, що зміни протягом п'яти діб зберігання необроблених фруктових соків в охолодженому стані (+4 °C) можуть, в основному відбуватися за активності дріжджів. Таким чином

для подовження терміну фруктових соків навіть за охолодження без виникнення псування необхідно, що кількість дріжджів була як найменшою.

3.4. Аналіз фізико-хімічних показників й кількості мікробіоти у фруктових соках за зберігання в режимі $+ 25,0 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C} - 3 \text{ діб}$

У другому змодельованому варіанті соки зберігалися за температури ($+ 25,0 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C} - 3 \text{ діб}$), яка дозволяє інтенсивному розвитку епіфітної мікрофлори та фізико-хімічним змінам. Характеристика рН фруктових соків за зберігання ($+ 25,0 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C} - 3 \text{ діб}$) приведено на рис.3.5.

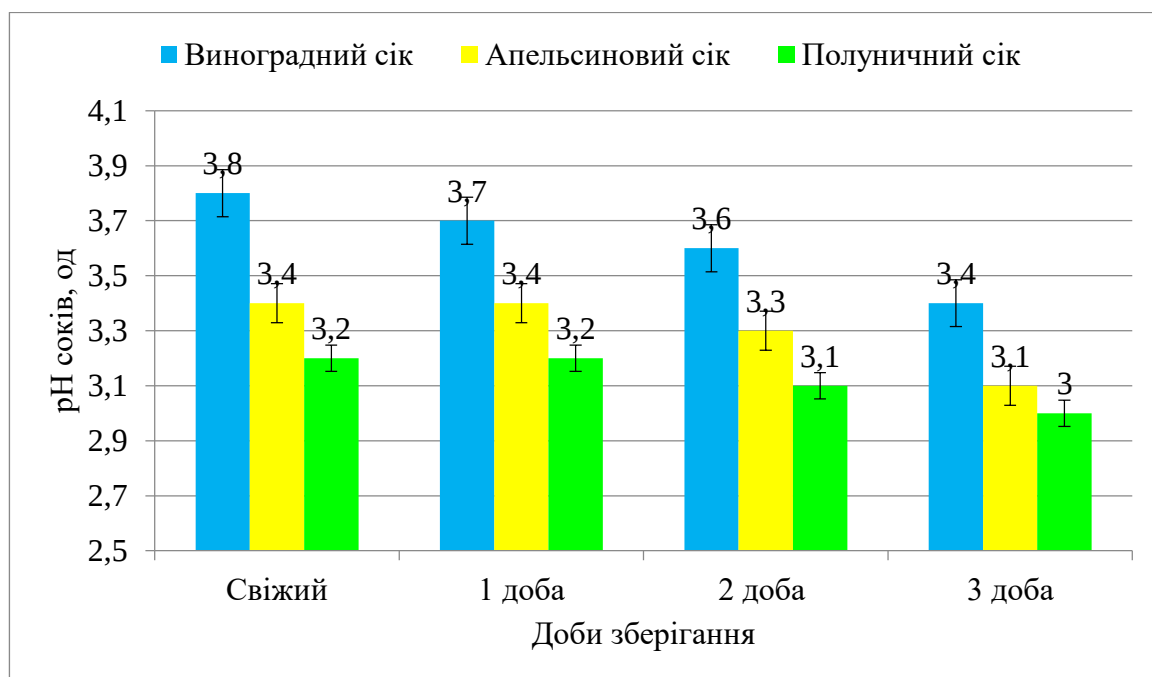


Рисунок 3.5. – Характеристика рН фруктових соків за зберігання ($+ 25,0 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C} - 3 \text{ діб}$)

Спостерігаємо (дані рис. 3.5) зниження рН досліджених соків упродовж трьох добового зберігання, що є свідченням накопичення молочної кислоти через розвиток молочнокислої мікробіоти. Упродовж трьох діб рН виноградного й апельсинового соку знизилася приблизно на 0,3 од до 3,1, а у полуничному до на 0,2 од до 3,0 од. Менша динаміка у полуничному соці, ймовірно, пов'язана із загальною нижчою кислотністю за якої проходить розвиток молочнокислої мікрофлори. Адже рН 3 соку вважається сильно

кислим і воно є несприятливим навіть для факультативних ацидофільних мікробів.

Отже, за зберігання фруктових необроблених соків у неохолодженому стані у них інтенсивно проходить зниження рН середовища до 3,0 од, надалі процес гальмується, ймовірно через згубний вплив цього середовища на мікроорганізми.

Характеристика ОВП фруктових соків за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °С – 3 діб) приведена на рис. 3.6.

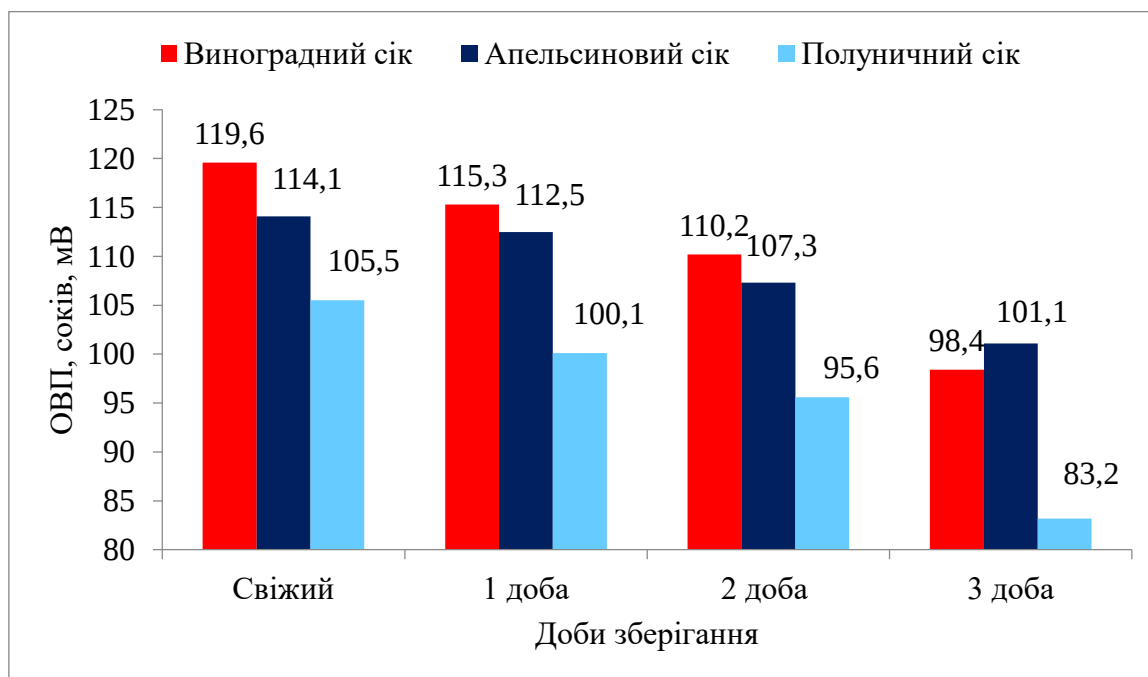


Рисунок 3.6. – Характеристика ОВП фруктових соків за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °С – 3 діб)

Спостерігаємо (дані рис. 3.6) подібні зміни щодо ОВП фруктових соків за зберігання при $+ 25$ °С, які відбувалися з рН цих соків. Зокрема у соках стрімко знижувався ОВП протягом усього терміну дослідження. Це є свідченням інтенсивної хімічної реакції у соках, у переважній мірі окислювальних змін. Так, в середньому протягом дослідженого періоду ОВП знизився в негативну сторону на 20 – 25 мВ, такі зміни ми пояснюємо молочнокислим бродінням у даних соках, які впливають на активність окисно-відновних ферментів.

Отже, зберігання неохолоджених необроблених соків призводить до зниження ОВП, що ймовірно є причиною молочнокислого й спиртового бродіння.

Результати показників молочнокислої мікробіоти у фруктових соках за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб) приведено на рис. 3.7.

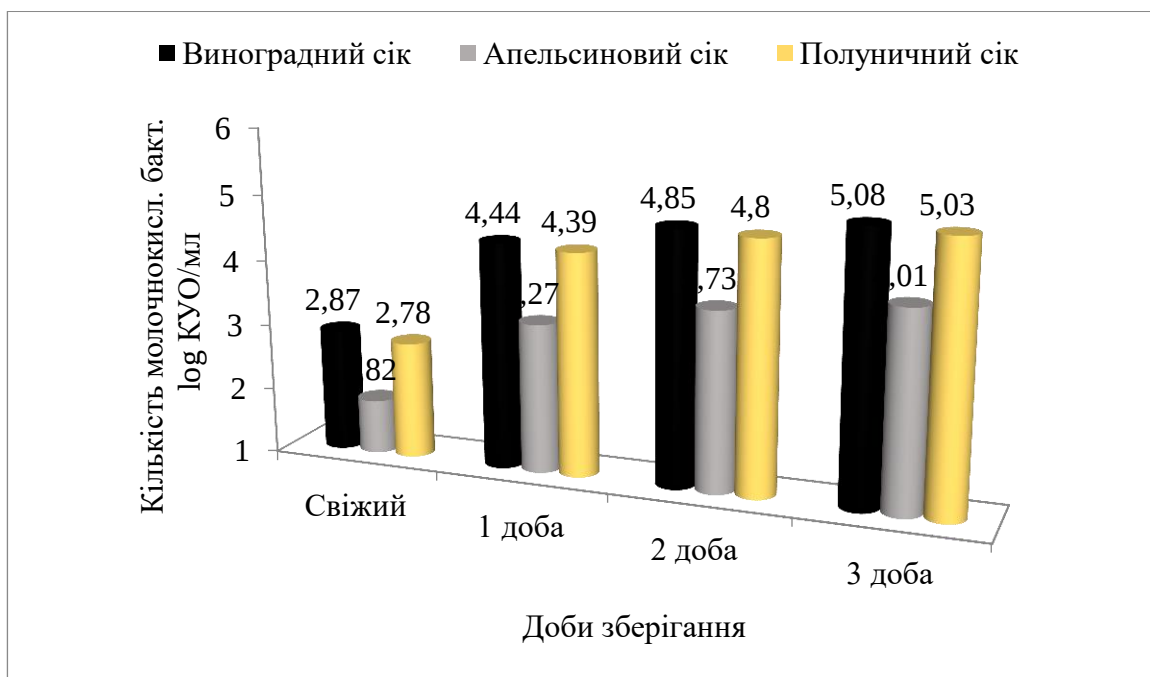


Рисунок 3.7. – Кількісні показники молочнокислої мікробіоти у фруктових соках за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб)

Спостерігаємо (дані рис.3.7) сильну динаміку розвитку лактобактерій у досліджених фруктових соках, як із значним початковим вмістом цих бактерій, так і незначним. Зокрема, вже через одну добу дослідження кількість лактобактерій майже зростала на два логарифмічних циклів, що є дуже суттєвим. Дослідження через три доби виявило зростання кількості цієї молочнокислої групи у фруктових соках, в середньому до 5 логарифмів (100 тис. КУО/мл). Необхідно відзначити, що такий вміст лактобактерій у фруктових соках після трьох діб зберігання є свідченням їх інтенсивного розмноження й біохімічної активності, яка впливає на підкислення середовища й перебігом окислювальних змін. Про що вказують дані приведені на рис. 3.6 та 3.7 (зміна рН й ОВП).

Отже, виявляємо закономірний процес у фруктових необроблених соках за їх зберігання в неохоложеному стані, який призводить до інтенсивного молочнокислого бродіння, про що свідчить збільшення лактобактерій.

Кількісні показники дріжджової мікробіоти у фруктових соках за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб) приведено на рис. 3.8.

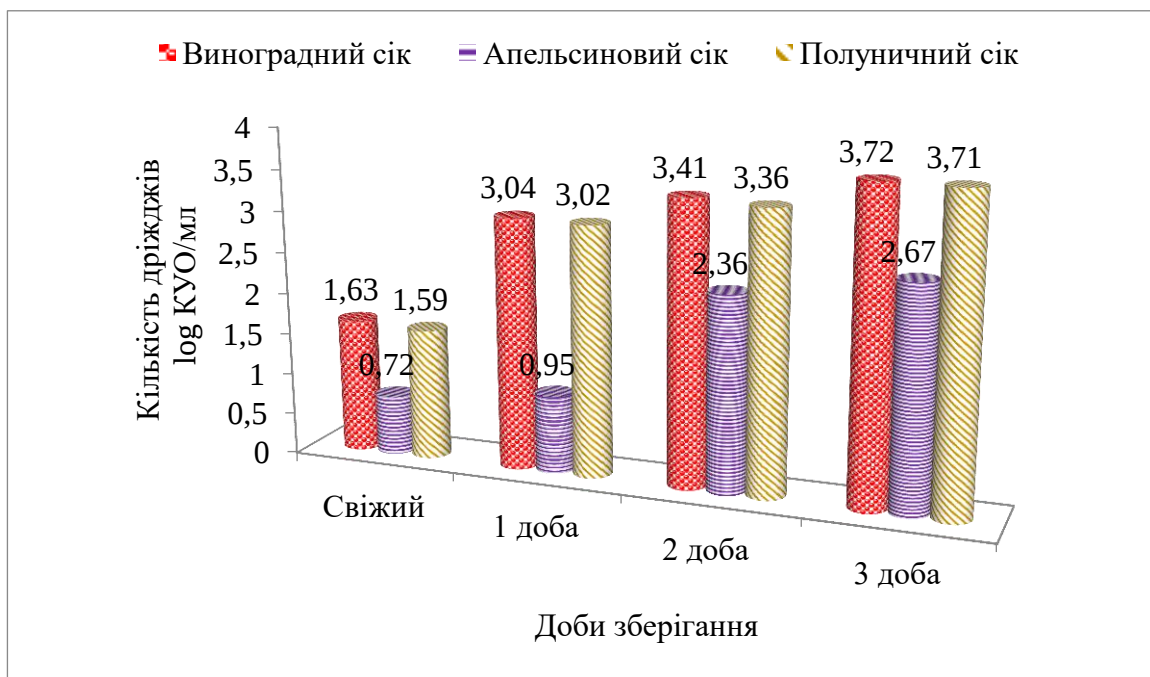


Рисунок 3.8. – Кількісні показники дріжджової мікробіоти у фруктових соках за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб)

Спостерігаємо (дані рис. 3.8) подібні зміни розвитку дріжджів у трьох досліджених фруктових соках, як й молочнокислої мікробіоти. Тобо інтенсивність дріжджів була вже активною навіть протягом першої доби зберігання за $+ 25$ °C, оскільки їх кількість збільшилася в 2 логарифмічні цикли. Кімнатна температура вважається досить сприятливою розвитку дріжджів тому у наступні доби їх кількість становила більше 3 log KUO/мл. Це свідчить про інтенсивне спиртове бродіння у цих соках і розвиток смакових дефектів.

Отже, у необроблених фруктових соках за зберігання $+25$ °C проходить інтенсивне спиртове бродіння, яке змінює фізико-хімічні й сенсорні показники соків, зокрема рН й ОВП.

3.5. Вплив лимонної кислоти на показники рН та ріст дріжджів у фруктових соках за зберігання

У консервній галузі для стримування розвитку мікрофлори й попередження їх псування додають у склад лимонну кислоту. Результати впливу лимонної кислоти на рН фруктових соків приведено на рис. 3.9

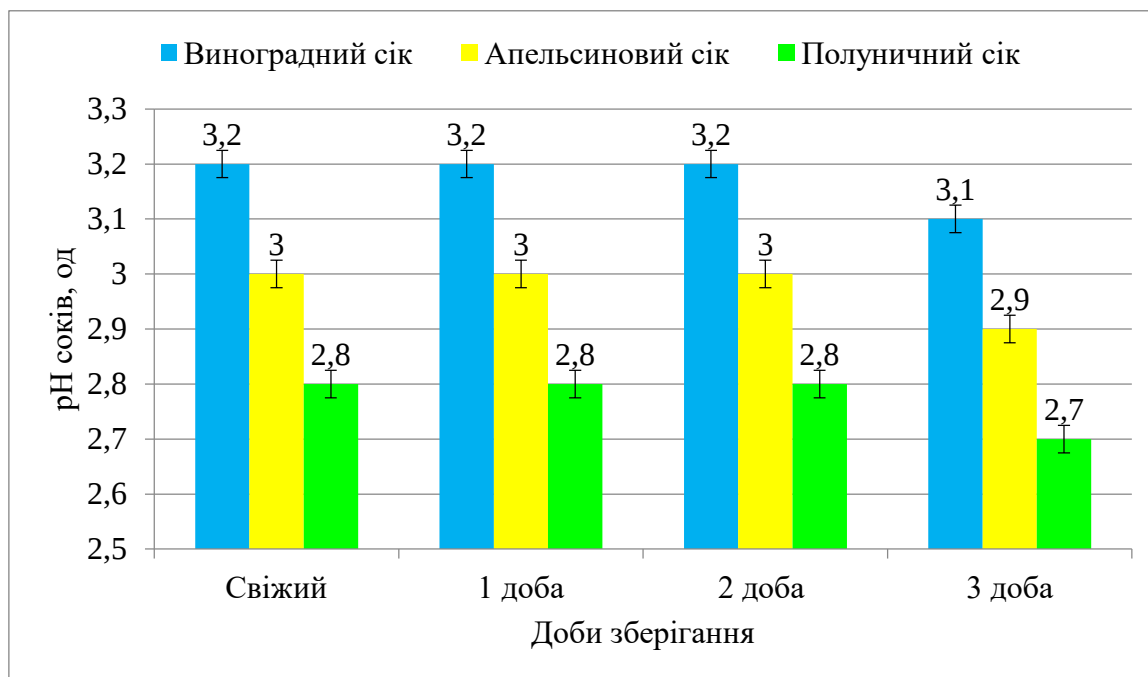


Рисунок 3.9. – Характеристика рН фруктових соків із вмістом лимонної кислоти за зберігання ($+ 25,0 \pm 1$ °C – 3 діб)

Спостерігаємо (дані рис. 3.5), що додавання лимонної кислоти до фруктових соків сприяє зниженню рН, саме вплив кислого середовища проявляє інгібуючу дію на мікрофлору й тривалішого збереження якості соків.

Таким чином, дослідження виявили вплив молочнокислого процесу на рН й ОВП необроблених фруктових соків за їх зберігання. Для подовження терміну зберігання соковмісної продукції необхідно знижувати її рН та забезпечувати мінімальне мікробне забруднення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1. Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини

Шкідлива речовина – це речовина, яка при контакті з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки може викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я, які виявляють сучасними методами, як у процесі роботи, так і у віддалені терміни життя теперішнього і наступних поколінь [77].

Токсичними (отруйними) називаються речовини, які, потрапляючи в організм навіть у відносно невеликих кількостях, викликають порушення нормальної життєдіяльності аж до отруєння. Вони можуть бути у вигляді газу, пари, рідини і пилу [77].

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу, або містяться в сировині, продуктах чи напівпродуктах, у відходах виробництва. Ці речовини потрапляють у повітря у вигляді пилу, газів або пари і діють негативно на організм людини.

Всі шкідливі речовини за характером дії на організм людини поділяються на шість груп [77]:

I – загальнотоксичні або загальносоматичні речовини – речовини, які діють на центральну нервову систему, кров і кровотворні органи (сірководень, ароматичні вуглеводні, чадний газ), ціаністий водень, хлор, бром). За концентрацією цих речовин у повітрі повинен бути забезпечений безперервний контроль із сигналізацією про перевищення гранично допустимих концентрацій;

II – подразнюючі речовини – речовини, які діють на слизові оболонки очей, носу, гортані, шкіри (пари кислот, лугів, оксид нітрогену, оксиди сульфору, тощо);

III – сенсibiliзуючі або алергени – речовини, які призводять до виникнення алергії (альдегіди, ароматичні нітро-, нітрозо-, аміносполуки, зокрема, акрилонітрил, берилій, нікель, хлорофос);

IV – канцерогенні або бластомогенні речовини – речовини, що призводять до виникнення ракових пухлин. Це продукти перегонки нафти і кам'яного вугілля (похідні антрацену, бензпірен, мазути, гудрони, бітуми, асфальти, мастила, дьоготь, бензол, хлористий вініл), пил азбесту, арсен, меркурій, плюмбум, цинк, молібден, нікель, радіоактивні речовини;

V – мутагенні речовини – речовини, які призводять до зміни спадкової інформації (Pb, Mn, радіоактивні речовини);

VI – такі, що пригнічують репродуктивну функцію (меркурій, плюмбум, манган (Mn, радіоактивні сполуки, хлоропрен, нікотин) [77].

Отруєння шкідливими речовинами можливе тільки за їх концентрації в повітрі робочої зони, що перевищує певну межу – гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (ГДК р.з) – це така концентрація, вплив якої на людину в разі її щоденної регламентованої тривалості (щоденна дія при 8-годинній роботі, але не більш ніж 40 годин протягом тижня) не призводить до зниження працездатності чи захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не справляє негативного впливу на здоров'я нащадків.

Вимірюється ГДК у мг/м^3 . Перелік ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони наводиться у нормативних документах СН 245-71; ДСТУ.

У відповідності до нормативних документів за ступенем дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

I. Надзвичайно небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК $<0,1 \text{ мг/м}^3$. До них відносяться: ртуть, свинець і його

з'єднання, хром і його з'єднання, торій, миш'як, карбоніл нікелю, оксиди марганцю, карбоніл кобальту і продукти його розпаду, кадмій і його неорганічні з'єднання, озон, уран, бромід талію, фосфор залізний, хлоропрен, діоксид хлору, пентахлорфенол, хромовий ангідрид, берилій і його з'єднання, фтористий водень, водень миш'яковистий, водень фтористий, гідразин і його похідні, дихлорацетон, пентакарбонат заліза, сульфат хромамонію, етиленсульфіз тощо.

II. Дуже небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК $0,1 \dots 1,0 \text{ мг/м}^3$. До них відносяться: кислоти: сірчана, мурашина, ацетилсаліцилова, нікотинова; анілін, бензол, біовіпт, бром, ізопропилнітрат, йод, фторид бора, ангідрид сірчаний і фосфорний, карбонат барію, левоміцитин, натрій, хлор, їдкі луги, фенол, фосген, вуглець чотири хлористий, нітробензол, нітроксилон, сурма і її з'єднання, германій чотири хлористий, діприн, калій кремнефтористий, оксид цинку, оксид етилену, гідроксид цезію, сульфазин, дихлофос тощо.

III. Помірно небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК $1,0 \dots 10 \text{ мг/м}^3$. До них відносяться: оксид азоту NO_2 , алюміній і його сплави, ізопропилнітрат, барвники органічні, люмінофор, склопластик, стирол, тютюн, целюлоза, синтетичні мийні засоби, ксилон, лавсан, капрон, кераміка, капролактамі, полівінілхлорид, кремній, кислоти: азотна, борна, валеріанова, кремнієва, капронова; борний ангідрид, гексафторпропілен, гексафторбензол, вінілацетон, діатолитовий концентрат, толуол тощо.

IV. Мало небезпечні. Гранично припустима концентрація цих речовин СГПК $>10 \text{ мг/м}^3$. До них відносяться: аміак, ацетон, бензин (розчинник, паливний), бутан, пентан, газ, спирт етиловий, вапняк, амінопласти (прес-порошки), боксити, корунд білий, амілацетат.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Розроблення заходів щодо надійної роботи підприємств харчової промисловості у разі загрози виникнення надзвичайної ситуації в мирний та військовий час

Подія, яка за своїми наслідками становить загрозу життю або здоров'ю населення чи призводить до завдання матеріальних збитків (аварія, катастрофа, пожежа, стихійне лихо, епідемія, епізоотія, епіфітотія тощо), називається небезпечною. Небезпечна подія може бути віднесена до НС (надзвичайної ситуації), якщо перевищене порогове значення показника класифікаційної ознаки – технічної чи іншої характеристики події [78].

Шостого серпня 2018 року Міністерство внутрішніх справ своїм наказом затвердило Класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій. За характером надзвичайні ситуації поділяються на такі класи: - надзвичайні ситуації техногенного характеру: транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах тощо; - надзвичайні ситуації природного характеру: небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери тощо; - надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру: пов'язані з протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування; здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і утримання важливих об'єктів, ядерних установок, і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікація, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден,

установлення вибухових пристроїв у громадських місцях, зникнення (крадіжка) зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо; - надзвичайні ситуації воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, 25 нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій тощо. При оцінці надійності захисту виробничого персоналу харчових підприємств необхідно враховувати, що практично будь-які наслідки НС можуть призвести до ураження людей та стати причиною їхньої смерті або призвести до втрати працездатності на тривалий час. Надійність захисту виробничого персоналу є одним з важливих факторів, які визначають стійкість роботи підприємств у надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часів. Найбільш ефективним заходом захисту є укриття людей в захисних спорудах (ЗС) при дотриманні таких умов: - загальна місткість ЗС дозволяє укрити всіх робітників та службовців, тобто весь виробничий персонал об'єкту промисловості; - захисні споруди задовольняють вимогам захисту від усіх небезпечних наслідків НС; - захисні споруди устатковані системами життєзабезпечення на необхідну тривалість перебування у них; - розміщення ЗС відносно робочих місць дозволяє своєчасно укритися всім робітникам за сигналами сповіщення про НС; - робітники та службовці своєчасно сповіщаються та навчені способам захисту та правилам дії за сигналами сповіщення. За показник надійності захисту робітників та службовців з використанням ЗС можна прийняти коефіцієнт надійності захисту КН, що показує яка частина робітників та службовців забезпечується надійним захистом від усіх небезпечних наслідків виникнення НС. Коефіцієнт надійності захисту визначається на основі окремих показників, що характеризують підготовленість об'єкту до виконання завдань захисту робітників та службовців за основними складовими задачами [78].

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій проводиться спеціальний комплекс заходів, до якого відносяться: - інформування та оповіщення, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення працівників; - спостереження за довкіллям, забрудненням харчових продуктів, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими біологічними агентами; - укриття в захисних спорудах, якому підлягає, у разі необхідності, усе населення відповідно до приналежності (працююча зміна на виробництві, населення, яке проживає в небезпечних зонах тощо), досягається створенням фонду захисних споруд. - евакуаційні заходи, які проводяться на консервних підприємствах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час є основним способом захисту населення і досягаються їх завчасним плануванням; - інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ під час проектування і експлуатації підприємств промисловості, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку працівників та довкілля; - медичний захист проводиться для запобігання або зменшення ступеня ураження працівників, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідемічного благополуччя в осередку надзвичайних ситуацій; - біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження залежно від характеру і ступеня зараження, - радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, організацію та проведення спеціальної обробки; - державна стандартизація з питань безпеки у надзвичайних ситуаціях спрямована на забезпечення безпеки та якості продукції та матеріалів відповідно до розвитку науки, техніки та технологій; - державна експертиза у сфері захисту працівників і підприємств

консервної промисловості від надзвичайних ситуацій здійснюється стосовно технологічної безпеки об'єктів виробничого призначення, що можуть спричинити надзвичайні ситуації; - державний нагляд і контроль у сфері захисту населення, працівників, підприємств і територій від надзвичайних ситуацій організовується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, до компетенції якого віднесено питання захисту від надзвичайних ситуацій, іншими уповноваженими на це органами виконавчої влади; Захист працівників підприємства від НС досягається шляхом: - оповіщення та інформування суб'єктів забезпечення ЦЗ; - укриття населення у захисних спорудах ЦЗ; - здійснення евакуаційних заходів; - інженерного захисту території підприємства; - радіаційного та хімічного захисту працівників і територій; - медичного захисту працівників і забезпечення його санітарного та епідемічного благополуччя; - біологічного захисту; - психологічного захисту; - навчання працівникам діям у НС. З метою забезпечення стійкості роботи консервних підприємств в надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу завчасно проводять комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів цивільного захисту, спрямованих на забезпечення захисту працівників і зменшення руйнувань, на підвищення стійкості роботи об'єкту, на утворення необхідних умов для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт [78]. Деякі конкретні заходи, не відображені в нормативних документах підприємства консервної промисловості, потребують внесення до посадових інструкцій працівників. Крім того, на малому підприємстві необхідно розробляти й доводити до всіх працівників Порядок цілодобового оповіщення керівництва та працівників у випадку загрози або виникнення надзвичайної ситуації. Всі працівники підприємства повинні бути навчені діям, чітко знати свої обов'язки та неухильно їх виконувати. Це також стосується адміністрації малого підприємства, яка в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження [78].

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Фрукти та продукти з них є життєво важливими інгредієнтами харчування, а їх збереження необхідно розглядати з точки зору мікробної та фізико-хімічної стабільності. Незважаючи на те, що термічна обробка забезпечує мікробну безпечність, вона не гарантує збереження поживної й біологічної цінності цих продуктів й більший термін зберігання.

2. Виявлено, що фрукти в основину мають кисле й слабо кисле рН (2,5 – 3,5 од) з позитивним вище 100 мВ окисно-відновним потенціалом. Свіжо виготовлені соки із цих фруктів суттєво не відрізняються за цими показниками від самих фруктів. Отримані величини цих значень необхідно приймати, як ті, що характеризують свіжість фруктів й продуктів з них.

3. Виявлено, що рН фруктових соків (виноградного, полуничного й апельсинового) протягом п'яти добового зберігання за + 4 °С не зазнає суттєвих змін. За цей період часу ОВП цих соків збільшився у позитивну сторону, в середньому на 10 мВ, а молочнокисла мікробіота не мала здатності інтенсивно розвиватися. За цього режиму зберігання кількість дріжджів зросла в 3,0 та 3,45 раза у виноградному й полуничному соках, відповідно та в середньому в 2 рази в апельсиновому соці.

4. Встановлено, що у необроблених фруктових соках за зберігання +25 °С проходить інтенсивне молочнокисле й спиртове бродіння, яке змінює фізико-хімічні показники (зниження рН та ОВП) й сенсорні показники соків. Очевидно, зміна рН й ОВП пов'язана з розвитком мікробіоти в соках.

5. За додавання лимонної кислоти у фруктові соки відбувається гальмування мікробіологічних змін й окисно-відновних, навіть за не сприятливого температурного режиму (+ 25 °С). Отже, для тривалішого зберігання фруктових соків необхідно підтримувати рН й ОВП на початковому рівні та зупинити мікробіологічні процеси в них.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Pravallika, K., & Chakraborty, S. (2022). Effect of nonthermal technologies on the shelf life of fruits and their products: A review on the recent trends. *Applied Food Research*, 2(2), 100229.
2. Purewal, S. S., Kamboj, R., Sandhu, K. S., Kaur, P., Sharma, K., Kaur, M., ... & Siroha, A. K. (2022). Unraveling the effect of storage duration on antioxidant properties, physicochemical and sensorial parameters of ready to serve Kinnow-Amla beverages. *Applied Food Research*, 2(1), 100057.
3. Mohapatra, D., Mishra, S., Giri, S., & Kar, A. (2013). Application of hurdles for extending the shelf life of fresh fruits. *Trends in Post-Harvest Technology*, 1(1), 37-54.
4. Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*, 2(1), 100122.
5. Subramaniam, P., & Wareing, P. (Eds.). (2016). *The stability and shelf life of food*. Woodhead Publishing.
6. Agyekum, C. K., Haifeng, H., Agyeiwaa, A., Agyekum, C. K., Haifeng, H., & Agyeiwaa, A. (2015). Consumer perception of product quality. *Microeconomics and Macroeconomics*, 3(2), 25-29.
7. Basak, S., & Chakraborty, S. (2022). The potential of nonthermal techniques to achieve enzyme inactivation in fruit products. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 114-129.
8. Fernandes, F. A., & Rodrigues, S. (2021). Cold plasma processing on fruits and fruit juices: A review on the effects of plasma on nutritional quality. *Processes*, 9(12), 2098.
9. Oey, I., Lille, M., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2008). Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit-and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 19(6), 320-328.
10. Kang, T., You, Y., Hoptowit, R., Wall, M. M., & Jun, S. (2021). Effect of an oscillating magnetic field on the inhibition of ice nucleation and its

application for supercooling preservation of fresh-cut mango slices. *Journal of Food Engineering*, 300, 110541.

11. Ummat, V., Singh, A. K., & Sidhu, G. K. (2018). Effect of aqueous ozone on quality and shelf life of shredded green bell pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(10).

12. Rivas, A., Rodrigo, D., Martínez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., & Rodrigo, M. (2006). Effect of PEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1163-1170.

13. Dhar, R., Basak, S., & Chakraborty, S. (2022). Pasteurization of fruit juices by pulsed light treatment: A review on the microbial safety, enzymatic stability, and kinetic approach to process design. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 499-540.

14. Abdul Karim Shah, N. N., Shamsudin, R., Abdul Rahman, R., & Adzahan, N. M. (2016). Fruit juice production using ultraviolet pasteurization: a review. *Beverages*, 2(3), 22.

15. Kukhtyn, M., Horiuk, Y., Yaroshenko, T., Laiter-Moskaliuk, S., Levytska, V., & Reshetnyk, A. (2018). Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, (1 (11)), 69-75.

16. Bilek, S. E., & Turantaş, F. (2013). Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review. *International journal of food microbiology*, 166(1), 155-162.

17. Nedović, V., Kalušević, A., Manojlović, V., Petrović, T., & Bugarski, B. (2013). Advances in food process engineering research and applications. *Boston, MA*, 214.

18. Кухтин, М. Д., Перкії, Ю. Б., Семанюк, В. І., & Мурська, С. Д. (2012). Сучасні погляди на санітарну обробку технологічного устаткування у харчовій промисловості. *Науковий вісник Львівського національного*

університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького, 14(3-3 (53)), 302-307.

19. Khandpur, P., & Gogate, P. R. (2016). Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrasonics sonochemistry*, 29, 337-353.

20. Yuan, B., Danao, M. G. C., Lu, M., Weier, S. A., Stratton, J. E., & Weller, C. L. (2018). High pressure processing (HPP) of aronia berry puree: Pilot scale processing and a shelf-life study. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 241-248.

21. Лялик, А. Т., Покотило, О. С., Кухтин, М. Д., & Бейко, Л. А. (2020). Органолептичний і сенсорний аналіз сиркової пасти з лляною олією. *Технічні науки та технології*, (1 (19)), 287-295.

22. Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*, 2(1), 100122.

23. Salomão, B. D. C. M. (2018). Pathogens and spoilage microorganisms in fruit juice: an overview. *Fruit juices*, 291-308.

24. Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian journal of plant science and Research*, 5(4), 47-56.

25. Chakraborty, S., Kaushik, N., Rao, P. S., & Mishra, H. N. (2014). High-pressure inactivation of enzymes: a review on its recent applications on fruit purees and juices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 578-596.

26. Joshi, P., Pahariya, P., Al-Ani, M. F., & Choudhary, R. (2022). Monitoring and prediction of sensory shelf-life in strawberry with ultraviolet-visible-near-infrared (UV-VIS-NIR) spectroscopy. *Applied Food Research*, 2(2), 100123.

27. Giannoglou, M., Xanthou, Z. M., Chanioti, S., Stergiou, P., Christopoulos, M., Dimitrakellis, P., ... & Katsaros, G. (2021). Effect of cold

atmospheric plasma and pulsed electromagnetic fields on strawberry quality and shelf-life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102631.

28. Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Gao, Z. (2017). Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 23-38.

29. Mao, L., Mhaske, P., Zing, X., Kasapis, S., Majzoobi, M., & Farahnaky, A. (2021). Cold plasma: Microbial inactivation and effects on quality attributes of fresh and minimally processed fruits and Ready-To-Eat vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 146-175.

30. Thirumdas, R., Sarangapani, C., & Annapure, U. S. (2015). Cold plasma: a novel non-thermal technology for food processing. *Food biophysics*, 10, 1-11.

31. Tewari, S., Sehrawat, R., Nema, P. K., & Kaur, B. P. (2017). Preservation effect of high pressure processing on ascorbic acid of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Biochemistry*, 41(1), e12319.

32. Gopal, K. R., Kalla, A. M., & Srikanth, K. (2017). High pressure processing of fruits and vegetable products: A review. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(5), 680-692.

33. Abdilova, G., Terekhova, A., Shadrin, M., Burakovskaya, N., Fedoseeva, N., Artamonova, M., ... & Strigulina, E. (2021). Study on the influence of different magnetic and electric field-assisted storage methods on non-thermal effects of food. *Food Science and Technology*, 42, e29921.

34. Sousa-Gallagher, M. J., Tank, A., & Sousa, R. (2016). Emerging technologies to extend the shelf life and stability of fruits and vegetables. In *The stability and shelf life of food* (pp. 399-430).

35. Kukhtyn, M., Kravchenyuk, K., Selskyi, V., Pokotylo, O., Vichko, O., Kopchak, N., & Hmelar, A. (2022). Evaluation of spontaneous fermentation with basil content in the technology of rye-wheat bread production. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), 14-19.

36. Bhattacharjee, C., Saxena, V. K., & Dutta, S. (2019). Novel thermal and non-thermal processing of watermelon juice. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 234-243.
37. Tiwari, B. K., O'donnell, C. P., & Cullen, P. J. (2009). Effect of non thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. *Trends in Food Science & Technology*, 20(3-4), 137-145.
38. Shaik, L., & Chakraborty, S. (2022). Effect of pH and total fluence on microbial and enzyme inactivation in sweet lime (Citrus limetta) juice during pulsed light treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8), e16749.
39. Das, M., Devi, L. M., & Badwaik, L. S. (2022). Ultrasound-assisted extraction of pumpkin seeds protein and its physicochemical and functional characterization. *Applied Food Research*, 2(1), 100121.
40. Barbhuiya, R. I., Singha, P., & Singh, S. K. (2021). A comprehensive review on impact of non-thermal processing on the structural changes of food components. *Food Research International*, 149, 110647.
41. Mahnot, N. K., Mahanta, C. L., Farkas, B. E., Keener, K. M., & Misra, N. N. (2019). Atmospheric cold plasma inactivation of Escherichia coli and Listeria monocytogenes in tender coconut water: Inoculation and accelerated shelf-life studies. *Food Control*, 106, 106678.
42. Patrignani, F., Siroli, L., Braschi, G., & Lanciotti, R. (2020). Combined use of natural antimicrobial based nanoemulsions and ultra high pressure homogenization to increase safety and shelf-life of apple juice. *Food Control*, 111, 107051.
43. Jayawardena, E., Vanniarachchi, M., & Wansapala, J. (2019). Review on non-thermal technologies for the preservation of fruit juices.
44. Cao, X., Bi, X., Huang, W., Wu, J., Hu, X., & Liao, X. (2012). Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 181-190.

45. Kohli, G., Jain, G., Bisht, A., Upadhyay, A., Kumar, A., & Dabir, S. (2019). Effect of non-thermal hurdles in shelf life enhancement of sugarcane juice. *Lwt*, 112, 108233.

46. Juarez-Enriquez, E., Salmeron-Ochoa, I., Gutierrez-Mendez, N., Ramaswamy, H. S., & Ortega-Rivas, E. (2015). Shelf life studies on apple juice pasteurised by ultrahigh hydrostatic pressure. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 915-919.

47. Varela-Santos, E., Ochoa-Martinez, A., Tabilo-Munizaga, G., Reyes, J. E., Pérez-Won, M., Briones-Labarca, V., & Morales-Castro, J. (2012). Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf-life of pomegranate juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 13-22.

48. Patil, S., Valdramidis, V. P., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., & Bourke, P. (2011). Quantitative assessment of the shelf life of ozonated apple juice. *European Food Research and Technology*, 232, 469-477.

50. Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., Sahar, A., Khalil, A. A., Rahman, U. U., ... & Mehmood, T. (2018). Combined effects of pulsed electric field and ultrasound on bioactive compounds and microbial quality of grapefruit juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13507.

51. Basak, S., Mahale, S., & Chakraborty, S. (2022). Changes in quality attributes of pulsed light and thermally treated mixed fruit beverages during refrigerated storage (4° C) condition. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103025.

52. Khandpur, P., & Gogate, P. R. (2016). Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrasonics sonochemistry*, 29, 337-353.

53. Cassani, L., Tomadoni, B., & del Rosario Moreira, M. (2020). Green ultrasound-assisted processing for extending the shelf-life of prebiotic-rich strawberry juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5518-5526.

54. Jingfei, G., & HP Vasantha, R. (2012). Nutritional, physicochemical and microbial quality of ultrasound-treated apple-carrot juice blends. *Food and Nutrition Sciences*, 2012.

55. Marszałek, K., Woźniak, Ł., & Skąpska, S. (2016). The application of high pressure–mild temperature processing for prolonging the shelf-life of strawberry purée. *High Pressure Research*, 36(2), 220-234.

56. Kukhtyn, M., Salata, V., Horiuk, Y., Kovalenko, V., Ulko, L., Prosyanyi, S., ... & Kornienko, L. (2021). The influence of the denitrifying strain of *Staphylococcus carnosus* no. 5304 on the content of nitrates in the technology of yogurt production. *Slovak Journal of Food Sciences*, 15. 66–73

57. Silva, F. V. M. (2015). Inactivation of *Byssochlamys nivea* ascospores in strawberry puree by high pressure, power ultrasound and thermal processing. *International Journal of Food Microbiology*, 214, 129-136.

58. Aaby, K., Grimsbo, I. H., Hovda, M. B., & Rode, T. M. (2018). Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food Chemistry*, 260, 115-123.

59. Danalache, F., Carvalho, C. Y., Brito, L., Mata, P., Moldao-Martins, M., & Alves, V. D. (2017). Effect of thermal and high hydrostatic pressure treatments on mango bars shelf-life under refrigeration. *Journal of food engineering*, 212, 113-120.

60. Kilonzo-Nthenge, A., Liu, S., Yannam, S., & Patras, A. (2018). *Atmospheric cold plasma inactivation of Salmonella and Escherichia coli on the surface of golden delicious apples. Frontiers in Nutrition*. 2018; 5.

61. Machala, Z., Hensel, K., & Akishev, Y. (Eds.). (2012). *Plasma for bio-decontamination, medicine and food security*. Springer Science & Business Media.

62. Trivedi, M. H., Patel, K., Itokazu, H., Huynh, N. A., Kovalenko, M., Nirenberg, G., ... & Sekhon, J. K. (2019). Enhancing shelf life of bananas by using atmospheric pressure pulsed cold plasma treatment of the storage atmosphere. *Plasma Medicine*, 9(1).

63. Lacombe, A., Niemira, B. A., Gurtler, J. B., Fan, X., Sites, J., Boyd, G., & Chen, H. (2015). Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. *Food microbiology*, 46, 479-484.

64. Kaushik, N., Kaur, B. P., & Rao, P. S. (2014). Application of high pressure processing for shelf life extension of litchi fruits (*Litchi chinensis* cv. Bombai) during refrigerated storage. *Food Science and Technology International*, 20(7), 527-541.

65. Wu, Z. S., Zhang, M., & Wang, S. J. (2012). Effects of high-pressure argon and nitrogen treatments on respiration, browning and antioxidant potential of minimally processed pineapples during shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2250-2259.

66. Kukhtyn, M., Salata, V., Pelenyo, R., Selskyi, V., Horiuk, Y., Boltyk, N., ... & Dobrovolsky, V. (2020). Investigation of zeranol in beef of Ukrainian production and its reduction with various technological processing. *Slovak Journal of Food Sciences*, 14.

67. Islam, M. Z., Mele, M. A., Hussein, K. A., & Kang, H. M. (2018). Acidic electrolyzed water, hydrogen peroxide, ozone water and sodium hypochlorite influence quality, shelf life and antimicrobial efficacy of cherry tomatoes. *J. Biotechnol*, 13, 4.

68. Crozier, L., Park, S., Munn, E., Ibanez, D., Holden, N., & Potts, H. (2019). Shelf Life Extension of Berries Using in-pack Ozone. *Italian Journal of Food Science*.

69. Tabakoglu, N., & Karaca, H. (2018). Effects of ozone-enriched storage atmosphere on postharvest quality of black mulberry fruits (*Morus nigra* L.). *LWT*, 92, 276-281.

70. Tran, T. T. L., Aimla-Or, S., Srilaong, V., Jitareerat, P., Wongs-Aree, C., & Uthairatanakij, A. (2013). Fumigation with ozone to extend the storage life of mango fruit cv. Nam Dok Mai No. 4. *Agricultural Science Journal*, 44(2), 663-672.

71. Singh, R. B., Sumbalova, Z., Fatima, G., Mojto, V., Fedacko, J., Tarnava, A., ... & Slezak, J. (2024). Effects of molecular hydrogen in the pathophysiology and management of cardiovascular and metabolic diseases. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 25(1), 33.

72. Bell, T., Alamzad, R., & Graf, B. A. (2016). Effect of pH on the chemical stability of carotenoids in juice. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(OCE3), E94.

73. Ahn, J. W., & Kim, K. J. (2015). Crystal structure of 1'-OH-carotenoid 3, 4-desaturase from *Nonlabens dokdonensis* DSW-6. *Enzyme and microbial technology*, 77, 29-37.

74. Turturică, M., Oancea, A. M., Râpeanu, G., & Bahrim, G. (2015). Anthocyanins: Naturally occurring fruit pigments with functional properties. *The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 39(1), 9-24.

75. Meléndez-Martínez, A. J., Escudero-Gilete, M. L., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2010). Effect of increased acidity on the carotenoid pattern and colour of orange juice. *European Food Research and Technology*, 230, 527-532.

76. Кухтин М.Д. Лабораторний практикум з мікробіології молока і молочних продуктів: навчальний посібник / Кухтин М.Д., Кравченко Х.Ю. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 157 с.

77. Ткачук К.Н., Халімовського Н.О. Основи охорони праці. К.: Основа, 2006. 448 с

78. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник
тез доповідей**

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2024

УДК 664

А.Б. Заставна, студент

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

ВАЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ФРУКТОВИХ СОКІВ ЗА ПОКАЗНИКОМ PH І РЕДОКС-ПОТЕНЦІАЛОМ

A.B. Zastavna, student

THE IMPORTANCE OF ASSESSING FRUIT JUICES BY PH AND REDOX POTENTIAL

Фруктові соки – це не лише улюблений напій багатьох людей, а й складний продукт, адже його властивості визначаються цілою низкою фізико-хімічних параметрів. Серед них особливу роль відіграють рН, кислотність і редокс-потенціал. Ці показники впливають на смак, аромат, колір, стабільність і безпеку соків.

Рівень рН є одним із найважливіших показників, який відображає кислотно-лужний баланс у продукті та визначає концентрацію іонів водню в розчині. Для фруктових соків рН зазвичай знаходиться в межах 3,0–4,5, що робить їх помірно кислими напоями. Цей показник залежить від природних кислот, присутніх у фруктах, таких як лимонна, яблучна, винна та шавлева. Наприклад, апельсиновий або лимонний сік мають низький рН через високий вміст лимонної кислоти, яка формує їхній насичений кислий смак [1].

Кислотність – це поняття, пов'язане з рН, але має інший зміст. Кислотність є одним із найважливіших параметрів, що визначає якість і властивості фруктових соків. Вона впливає на смак, колір, безпечність і навіть термін придатності продукту. Кислотність фруктового соку визначається рівнем рН, який відображає концентрацію іонів водню у розчині. Для більшості фруктових соків цей показник знаходиться в межах 3,0–4,5, що надає їм характерного кисло-солодкого смаку та забезпечує захист від псування [2].

Якщо рН показує лише активність вільних іонів водню, то кислотність відображає загальну кількість кислот у продукті, незалежно від того, чи вони перебувають у дисоційованому стані. Наприклад, яблучний і лимонний соки можуть мати схожий рівень рН, але різну кислотність, що пояснює різницю у сприйнятті їхнього смаку. Висока кислотність забезпечує яскравий кислий смак, тоді як низька кислотність робить напій більш м'яким і солодким [3].

Технологічний контроль кислотності в процесі виробництва є важливим етапом. Сучасні підприємства використовують спеціальне обладнання, наприклад, рН-метри, для точного вимірювання рівня кислотності. Ці дані дозволяють коригувати процес пастеризації: чим вища кислотність, тим меншої температури і часу обробки потребує продукт. Це дозволяє зберегти природний смак і корисні речовини у соку.

Кислотність впливає на всі аспекти продукту: від його смаку та кольору до безпечності та терміну придатності. Контроль цього параметра дозволяє не лише зберігати якість продукції, але й створювати нові унікальні смаки, які задовольняють вимоги сучасних споживачів [1].

Редокс-потенціал, або окислювально-відновний потенціал, є ще одним ключовим параметром, що характеризує здатність середовища до окислення або відновлення. Для соків цей показник залежить від наявності вітамінів, поліфенолів, кисню та інших сполук. Свіжовичавлений сік, зокрема апельсиновий, має відносно низький редокс-потенціал

2.	Х.Ю. Кравченко, Л.П. Криськова; А.Т. Лялик	313
	ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ МАЙОНЕЗІВ	
3.	П.В. Криса; Б.М. Качарай; А.Т. Лялик, Х.Ю. Кравченко, К.Є. Данишин	314
	УДОСКОНАЛЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ КУПАЖОВАНИХ ОЛІЙ НА ОСНОВІ СОЄВОЇ ОЛІЇ	
4.	Х.Ю. Кравченко, к.т.н.; Ю.М. Ціко	315
	УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОВУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ЗБАГАЧЕНИХ ЙОДОМ ТА СЕЛЕНОМ	
5.	А. М. Коляденко	316
	ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ВМІСТ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ У КАТОЛІТНИХ РОЗЧИНАХ	
6.	А.Б. Заставна	317
	ВАЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ФРУКТОВИХ СОКІВ ЗА ПОКАЗНИКОМ PH І РЕДОКС-ПОТЕНЦІАЛОМ	
7.	А.В. Оленюк	319
	ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСТРУДЕРІВ ДЛЯ КУКУРУДЗЯНИХ ПАЛИЧОК	
8.	А.В. Сороцька, Г.В. Карпик	320
	ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЖИТНИКА В ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОБНИХ ВИРОБІВ	
9.	А.М.Василишин	321
	ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ОБРОБКА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
10.	А.О. Гриненко, Л.А. Сторож	323
	ХАРАКТЕРИСТИКА СИРКОВОЇ ПАСТИ З ГАРБУЗОВИМ Й МОРКВЯНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ	
11.	Б. І. Петришин, О. І. Вічко	324
	ВПЛИВ КОНСЕРВАНТУ НІЗИНУ НА МІКРОФЛОРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ	
12.	Б.В.Бучій	325
	АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВТОРИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПИВЗАВОДУ	
13.	В. В. Мартинюк, Є. Б. Береженко, Н. І. Хомик	326
	ВИЯВЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ В СЕРЕДОВИЩІ ПРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	
14.	В. Є. Олійник; Н. М. Зварич	327
	ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМШУВАННЯ ТІСТА	
15.	В. С. Вербіцька, А. М. Сідоров	328
	ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗДОБНИХ ВИРОБІВ ЗБАГАЧЕНИХ МІКРОБНИМ МЕТАБОЛІТОМ – ТРЕГАЛОЗОЮ	
16.	В.О. Гульовський, Л.А. Сторож	329
	ВИКОРИСТАННЯ ЛАВАНДИ В ТЕХНОЛОГІЇ АЦИДОФІЛЬНИХ НАПОЇВ	
17.	В.О. Пастушенчин ; О.І. Кравець	330
	ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ТРУБОК НА ОДНОРІДНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ДЕФЛЕГМАТОРІ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ	