

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
стандартизації та біотехнології**

Кафедра генетики, годівлі тварин та біотехнології

спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія

Допустити до захисту	Рекомендувати до захисту
Декан _____ М. І. ГИЛЬ	Зав. кафедри _____ С. І. ЛУГОВИЙ
« ____ » _____ 2021 р.	« ____ » _____ 2021 р.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ
ВІТАМІНІВ У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

04.02. – ДР.003-О 21.02.03.003

Виконавець:

здобувач ІV курсу _____ **О. А. ІВАНОВ**

Науковий керівник:

доцент _____ **О. І. ЮЛЕВИЧ**

Рецензент:

директор Херсонського ДП «Біологічна
фабрика» _____ **Т. О. ТЕРПЕЦЬКА**

Миколаїв 2021

ЗМІСТ

Реферат	4
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	5
Вступ	6
1. Літературно-патентний огляд	8
1.1. Значення вітамінів у процесах життєдіяльності організму людини	8
1.2. Причини вітамінної недостатності в організмі	13
1.3. Методи дослідження вмісту вітамінів у харчових продуктах	16
1.4 Особливості зберігання вітамінів	19
1.5 Методи збереження вітамінів у харчових продуктах	21
2. Експериментальна частина	27
2.1. Об'єкти і методи дослідження	27
2.1.1. Об'єкти дослідження	27
2.1.2. Методи дослідження	27
2.2. Результати та їх обговорення	29
3. Технологічна частина	37
4. Безпека життєдіяльності	42
4.1. Мета обробки та зберігання вітамінів у харчових продуктах	42
4.2. Наслідки недотримання умов обробки харчових продуктів на організм людини	43

4.3. Техніка безпеки під час обробки та виготовлення харчових продуктів	45
Висновки	48
Список використаної літератури	49

РЕФЕРАТ

Тема випускної кваліфікаційної роботи: «Порівняльний аналіз ефективності методів зберігання вітамінів у харчових продуктах».

Випускна кваліфікаційна робота виконана на 50 сторінках друкованого тексту. Вона включає наступні розділи: реферат, вступ, літературно-патентний огляд, експериментальну частину, технологічну частину, безпеку життєдіяльності, висновки та перелік використаної літератури. Для написання випускної кваліфікаційної роботи було використано 34 бібліографічних найменувань. Робота містить 8 рисунків, 4 таблиці.

Ключові слова: *вітаміни, харчові продукти, аскорбінова кислота, зберігання вітамінів, методи дослідження, об'єкт дослідження, яблучний сік, лимонний сік, вплив температури.*

Об'єктами для проведення досліджень виступали харчові продукти, що містять вітамін С. Фрукти (яблуко, лимон та виноград), сік з яких був оброблений різним чином, досліджувався на вміст вітаміну С. Крім того, здійснювався аналіз кількості вітаміну в продуктах за методом підготовки зразків до дослідження та умов тривалості зберігання та виду обробки.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є дослідження методів зберігання вітамінів у харчових продуктах.

Завданнями випускної кваліфікаційної роботи є: оцінка значення вітамінів у процесах життєдіяльності організму людини; визначення причини вітамінної недостатності в організмі; встановлення особливості зберігання вітамінів; порівняння ефективності методів зберігання вітамінів у харчових продуктах.

Проаналізувавши новітні та сучасні методи зберігання продуктів, можна відмітити їх значення для харчування людини, оскільки при виробництві продуктів найголовнішим є дотримання вимог та правил при зберіганні і переробці продукції. Використання всіх засобів, що сприяють зменшенню руйнівної дії повітря, світла, вологості і ферментів на вітаміни.

Перелік умовних позначень

НАД – нікотинамідаденіндинуклеотид

НАДФ – нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат

ІФА – імуноферментний аналіз

ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія

ІЧ-сушіння – інфрачервоне сушіння

ЗТП – змішане теплопідведення

ФЄ – функціональні ємності

ЗУ – Закон України

ШКТ – шлунково-кишковий тракт

ВСТУП

Вітаміни – низькомолекулярні органічні сполуки з високою біологічною активністю, необхідні для нормальної життєдіяльності людини. Ці сполуки складаються з вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки, фосфору та інших хімічних елементів, не синтезуються (або синтезуються у вкрай низьких кількостях) в організмі і надходять до нього з їжею [8, 9].

Неможливо переоцінити значущість вітамінів для підтримання здоров'я людини. На відміну від макронутрієнтів (білків, жирів і вуглеводів), вітаміни не є джерелом енергії або пластичного матеріалу, проте відіграють надважливу роль специфічних регуляторів фізіологічних та метаболічних процесів, які лежать в основі реалізації більшості життєво важливих функцій організму, збалансованої роботи усіх його органів і систем. Так, зокрема, вітаміни необхідні для забезпечення ростових процесів, підтримання нормального кровотворення і статеві функції, адекватного функціонування нервової, серцево-судинної і травної систем, ендокринних залоз, а також для підтримання зору і нормальних властивостей шкіри [16, 19].

Вітамінам належить виключно важлива роль у забезпеченні адекватної імунної відповіді; функціонуванні систем метаболізму ксенобіотиків, формуванні антиоксидантного потенціалу організму, а, отже, підтриманні стійкості людини до різноманітних інфекцій, отрут, радіоактивного випромінювання та інших несприятливих зовнішніх факторів. Доведена також здатність деяких вітамінів, зокрема А, В,Е і С, зменшувати ризик розвитку злоякісних новоутворень у людини [14].

В основі високої біологічної активності вітамінів лежить їх участь у побудові ферментних систем в якості, так званих, коферментів (низькомолекулярних небілкових речовин, що утворюють комплекс із білковою частиною ферментів і безпосередньо здійснюють хімічні реакції, які каталізуються цим ферментом; при цьому білковий фрагмент ферментів

відповідає за високу специфічність їх дії. Ця функція властива практично усім водорозчинним вітамінам, а також жиророзчинному вітаміну К.

Іншою важливою функцією вітамінів є їх участь у побудові та функціонуванні клітинних мембран і мембран органел, що характерно усім жиророзчинним вітамінам [10].

За неадекватного надходження вітамінів, порушеного всмоктування чи функціонування в організмі виникає вітамінна недостатність. Залежно від глибини і тяжкості вітамінної недостатності виділяють три її форми: авітаміноз, гіповітаміноз і субнормальну забезпеченість вітамінми (яку також називають маргінальною або біохімічною формою вітамінної недостатності) [33].

Найпоширенішою формою вітамінної недостатності сьогодні є субнормальна забезпеченість вітамінми. Попри те, що субнормальна забезпеченість вітамінми не має значних клінічних порушень, вона значно знижує стійкість організму до впливу інфекційних і токсичних факторів. Її основні причини: широке вживання рафінованих продуктів, позбавлених вітамінів унаслідок руйнування їх у процесі виробництва; втрати вітамінів при тривалому і нераціональному зберіганні і кулінарній обробці продуктів [8].

Тому метою дипломної роботи було дослідження методів зберігання вітамінів у харчових продуктах.

Було поставлено наступне завдання:

- оцінити значення вітамінів у процесах життєдіяльності організму людини;
- визначити причини вітамінної недостатності в організмі;
- встановити особливості зберігання вітамінів;
- порівняти ефективності методів зберігання вітамінів у харчових продуктах.

1. Літературно-патентний огляд

1.1 Значення вітамінів у процесах життєдіяльності організму людини

В останні роки важливе значення надають антиоксидантним властивостям вітамінів при лікуванні та профілактиці порушень в імунній системі, пов'язаних з впливом вільних радикалів (оксидантів)

Серед біологічних антиоксидантів найбільш вираженими антиоксидантними властивостями володіють токофероли (вітамін E); каротиноїди (включаючи вітамін A) і аскорбінова кислота (вітамін C). Ці ж вітаміни володіють вираженим імуностимулюючим ефектом [18].

Ряд авторів підкреслює позитивний вплив вітамінів і їх комплексів на клітинний метаболізм, оскільки вони запобігають дії пошкоджуючих чинників, симулюють активність антиоксидантних систем захисту та забезпечують нормалізацію окисно-відновних процесів, які є джерелом енергії для організму. Важливою функцією вітамінів є також те, що вони підвищують стійкість організму до дії мутагенних факторів, зменшують можливість появи хромосомних аберацій.

В останні роки значна увага надається вивченню впливу на організм не лише окремих вітамінів, але і їх комплексів. У дослідженні розглянуто вітаміни не тільки за загальними функціями, що їм притаманні, а особливо за здатністю впливати на імунну систему [34].

Вітаміни поділяють на три групи: водорозчинні вітаміни, жиророзчинні вітаміни і вітаміноподібні сполуки. До водорозчинних вітамінів належать вітамін C і вітаміни групи B (тіамін, рибофлавін, піридоксин, ніацин, ціанокобаламін, фолієва і пантотенова кислота, біотин). Жиророзчинними є вітаміни A, D, E і K. Вітаміноподібні сполуки включають холін, інозит, вітамін U, ліпоєву, оротову і пангамову кислоти, вітамін P і карнітин.

Найбільш необхідної вітамінної силою для організму виступають жиророзчинні вітаміни. Їх основна характеристика полягає в здатності

допомогти засвоєнню в тканинах мікро- і макроелементів, на чому, власне, і будується людський організм, ростуть клітини, відбувається в них метаболізм [8].

Вітамін А (ретинол) включає низку близьких за структурою сполук: ретинол, дегідроретинол, ретиналь, ретинолева кислота, ефіри цих речовин та їх просторові ізомери.

Бере участь у метаболізмі ліпідів, глікопротеїдів, глікозаміногліканів (потрібних для побудови епітеліальних клітин сполук), амінокислот, вуглеводів, у синтезі білка в тканинах. Метаболічні функції вітаміну А в сітківці забезпечуються ретиноломіретиналем, в інших органах — ретинолевою кислотою [9].

Нестача (гіповітаміноз) ретинолу спричинює патологічні зміни в функції епітеліальних тканин шкіри, дихальних шляхів, травного апарату, нервової та ендокринної системи.

Вітаміни групи D регулюють мінеральний обмін, зокрема кальцієвий та фосфорний, забезпечуючи всмоктування цих мікроелементів у тонкому кишечнику, реабсорбцію фосфору в ниркових каналцях та перенос кальцію з крові в кісткову тканину. Вітамін D задіяний у регуляції імуногенезу, синтезі інтерлейкінів, процесах клітинної проліферації та диференціації, синтезі ліпідів та деяких гормонів, забезпечує фізіологічний функціональний стан серцево-судинної, травної та дихальної систем.

Клінічними проявами дефіциту вітаміну D у дітей є рахіт, у дорослих остеомалія та остеопороз.

Вітамін Е (токоферолі) регулює окисно-відновні процеси шляхом стабілізації мембранних структур клітини. Він запобігає окисненню селену, встановлено синергізм впливу цього вітаміну, селену та сірковмісних амінокислот на перекисні процеси, активність ферментів, що містять сульфгідрильні групи. Вітамін Е захищає ненасичені жирні кислоти клітинних мембран від вільнорадикального окиснення, блокує синтез холестерину

При нестачі токоферола спостерігаються розлади репродуктивної функції, склеродермія, ексудативний діатез, м'язова дистрофія

До групи вітаміну К належать вітаміни К1 (філлохінон) та К2 (менахінон). Вітамін К бере участь у синтезі факторів протромбінового комплексу печінкою, підтримує функціональний стан ендотелію судин, зменшує проникливість судин, впливає на біосинтез білків, у тому числі альбуміну. Стимулює продукцію пепсину, трипсину, ентерокинази, ліпази та амілази, а також є необхідним для забезпечення активності інших ферментів, зокрема для синтезу білка остеокальцину.

Проявом дефіциту можуть бути геморагічні явища: петехії, екхімози, кровотечі з носа, ясен через порушення синтезу факторів протромбінового комплексу

Необхідність вітаміну В₁ (тіамін, активна форма – тіамінфосфат) зумовлена тим, що він є коферментом фосфотрансферази. За участю вітаміну В₁ відбуваються реакції декарбоксилювання, перефосфорилування, транскетотазна реакція, синтез нуклеїнових кислот та їх компонентів. Ще більше значення має цей вітамін для взаємозв'язку важливих метаболічних циклів: пентозного і гліоксилового з нуклеїновими кислотами, циклу Кребса з окисненням аміно- і жирних кислот. Вітамін В₁ необхідний для біосинтезу ацетилхоліну, стероїдних гормонів, захищає від окиснення адреналін.

Ранні прояви гіповітамінозу: втрата апетиту, атонія травного каналу, зниження секреції шлункового соку, діарея, блювання. Нервова система: дратівливість, неспокій, часом із галюцинаціями, втрата пам'яті на нещодавні події, розлади периферичної чутливості, парестезії та біль за ходом нервів у нижніх кінцівках, розвивається м'язова слабкість у нижніх кінцівках, атрофія м'язів. Серцево-судинна система: прискорене серцебиття, задишка, біль у ділянці серця, тахікардія, серцево-судинна недостатність

Вітамін В₂ у вигляді його похідних у складі флавінових ферментів необхідний для низки окисно-відновних реакцій: переносу електронів і протонів від відновлених піридинових коферментів або субстратів окиснення (цикл

утворення сечової кислоти); необхідний для функціонування дегідрогеназ, пов'язаних із перетворенням фолієвої та оротової кислот (синтез пуринових та піримідинових основ для синтезу ДНК); дегідрогеназ жирних кислот тощо. Рибофлавін ефективно взаємодіє з органічними вільними радикалами, виконуючи антиоксидантну роль, сприяє накопиченню глікогену в печінці, нормалізує у гепатоцитах ліпідний, вуглеводний та енергетичний обмін, впливає на ріст і розвиток плоду, забезпечує світловий та кольоровий зір. Бере участь у синтезі факторів, що забезпечують фагоцитоз, а разом із вітамінами С, В6, К підтримує реакції, пов'язані з обміном речовин у кістковій тканині.

Проявами дефіциту є: хейлоз губ, ангулярний стоматит, зернистий, а потім згладжений язик, глосалгія, печіння язика. Шкіра: себорейний дерматит, ороговіння вивідних протоків сальних залоз. Нервова система: апатія, головний біль, парестезії, відчуття печіння стоп

Вітамін РР (нікотинова кислота і нікотинамід, ніацин) є найбільш поширеним коферментом і задіяний у понад 150 ферментних реакціях, входить до складу коферментів НАД і НАДФ, разом із численними апоферментами каталізує окисно-відновні реакції клітинного обміну, мігруючи від одного апоферменту до іншого. Вітамін РР виконує регуляторну функцію як алостеричний ефектор низки ферментів циклу Кребса, глюконеогенезу, пентозного шунта. Він задіяний у вивільненні гістаміну в тканинах і активацію системи кінінів, поліпшує мікроциркуляцію, що зменшує прояви гіпоксії. Сприяє також репарації індукованих пошкоджень ДНК у клітинах печінки й активує її системи детоксикації, а рівень цього вітаміну у людини вважають маркером функціонального стану печінки.

Вітамін має антисклеротичний, гіпотензивний, вазодилатуючий ефекти. Особливо важливою його функцією є участь у переносі електронів і водню від субстратів, які окислюються, до кисню в процесі тканинного дихання; встановлена міжмолекулярна взаємодія з компонентами мембран.

Гіповітамінозом є шкірні зміни: спочатку гіперемія, потім – бурокоричнева пігментація, ороговіння, гіперкератоз. Травний канал: глосит,

виразкування поверхні язика, хейлоз та ангулярний стоматит, езофагіт, проноси. Ураження нервової системи: поліневритичний синдром та деякі психічні порушення

Вітамін В₉ (фолієва кислота) необхідний для обміну одноуглеводних сполук, синтезу нуклеїнових кислот, у складі коферментів підтримує реакції синтезу метіоніну, серину, пуринових основ, що надзвичайно важливо для нормального гемопоезу. Фолієва кислота відповідальна за білковий та жировий обміни, має здатність знижувати рівень гомоцистеїну і запобігати розвитку жирової інфільтрації печінки через ліпотропну дію.

Клінічним проявом дефіциту є дефект центральної нервової трубки у плода.

Вітамін В₅ (пантотенова кислота) входить до складу коензиму А, бере участь у багатьох біохімічних реакціях, зокрема в окислювальному декарбоксілюванні піровиноградної та α -кетоглутарової кислот, β -окисненні та синтезі жирних кислот, утворенні ацетилхоліну в нервовій тканині та інших реакціях, також відіграє важливу роль в обміні жирних кислот та стеринів.

При нестачі пантотенової кислоти розвивається цілий комплекс патологічних симптомів – може початися випадання волосся, атрофія шкіри, пошкодження нервів.

Вітамін Н (біотин) є коферментом у реакціях карбоксілювання, задіяний у синтезі жирних кислот та стеринів. Відіграє важливу роль в метаболізмі білків, жирів, вуглеводів, а також підтримці рівня глюкози в крові.

Нестача біотину в організмі головним чином виражається проблемами зі шкірою і схильністю до різних шкірних захворювань (псоріаз, екзема, дерматит), уповільненням зростання, а також погіршенням здоров'я волосся і нігтів.

Вітамін В₄ (холін) – один із найважливіших донаторів метильних груп, у складі фосфоліпідів чинить ліпотропний ефект, а у вигляді ацетилхоліну виконує роль медіатора під час передачі нервових імпульсів. Холін грає велику роль в нормальному функціонуванні нервової системи. Він бере участь в утворенні захисної мієлінової оболонки нервів (calorizator). Присутність холіну в організмі

оберігає від руйнування мієлінової шару, від пошкодження нервових клітин. А також холін - найважливіший компонент фосфоліпідів (мембран) клітин.

Прояв дефіциту:жирова інфільтрація печінки, геморагічна дегенерація нирок. Порушення функції блукаючого нерва за рахунок недостатнього синтезу ацетилхоліну

Вітамін В₁₂ бере участь у переносі метильних груп, у синтезі метіоніну, має виражену ліпотропну дію, запобігає жировій дистрофії печінки, задіяний у синтезі нуклеїнових кислот, пуринових іпіримідинових основ та обміні тетрагідрофолієвої кислоти, активно впливаючи на процеси кровотворення. Вітамін В₁₂ має також анаболічну дію, стимулює імунологічну реактивність, впливаючи на фагоцитарну активність лейкоцитів, бактерицидні властивості крові.

Гіповітамінозом є картина мегалобластної анемії, при якій, окрім характерних змін із боку крові та кісткового мозку, виявляється симптоматика ураження травного каналу та нервової системи (фунікулярний мієлоз).

До групи вітамінів Р належать біофлавоноїди: рутин, кверцетин, флавонони (гесперидин) та катехіни. Вітамін Р посилює дію вітаміну С шляхом відновлення дигідроаскорбінової кислоти в аскорбінову. Біофлавоноїди мають виражену судиннозміцнюючу і симпатоміметичну дію, також мають дуже цінну властивість - антиоксидантну активність, є переносниками водню, беруть участь в окисно-відновних процесах організму, впливають на діяльність щитовидної залози. Найбільший ефект біофлавоноїдів спостерігається при їх спільному застосуванні з вітаміном С [8, 9, 10, 16, 31].

1.2 Причини вітамінної недостатності в організмі

Насправді потреба у вітамінах коливається у достатньо широких межах і визначається станом організму людини і численними екзогенними впливами. У разі, коли потреба у вітамінах тривалий час не забезпечується, виникають явища вітамінної недостатності, які залежно від її ступеня можуть мати характер гіпо- чи авітамінозу. В розвинутих країнах крайні ступені вітамінної недостатності

(класичні авітамінози): цинга, пелагра, бері-бері – не спостерігаються, але помірні гіповітамінози за деяких причин можуть виявлятися у всіх без винятку країнах світу [31].

Залежно від факторів, що сприяють розвитку вітамінної недостатності, її прийнято поділяти на первинну (екзогенну), яка виникає через недостатнє надходження вітамінів з їжею, та вторинну (ендогенну). Найбільш частими причинами останньої є порушення засвоєння вітамінів та руйнування їх при: а) захворюваннях шлунково-кишкового каналу, б) патології печінки, в) інфекційних захворюваннях, г) використанні медикаментів; д) підвищеній потребі у вітамінах при деяких фізіологічних станах (вагітність, грудне вигодовування). З урахуванням механізмів розвитку вітамінної недостатності можна виокремити кілька форм гіповітамінозів: резорбційний, дисиміляційний, аліментарний. Для усунення гіповітамінозів застосовують лікувальну вітамініотерапію.

Резорбційний гіповітаміноз належить до ендогенної вітамінної недостатності і зумовлений частковим руйнуванням вітамінів у травному каналі та порушенням їх всмоктування. Встановлено, що при захворюваннях шлунку, які супроводжуються значним зниженням шлункової кислотності (гастрит, рак), спостерігається посилене руйнування вітамінів В₁, РР та С.

Особливо небезпечним є атрофічний гастрит, при якому разом із порушенням секреції хлористоводневої кислоти і пепсину відбувається недостатній синтез гастромукопротеїну (внутрішній фактор Кастла), що супроводжується розвитком В₁₂-дефіцитної анемії – небезпечного і навіть смертельного захворювання при несвоєчасному його лікуванні.

Ураження кишечника, особливо з одночасними змінами бактеріальної флори (дисбактеріоз), також супроводжується дефіцитом, особливо вітамінів групи В, які частково синтезуються саме бактеріями кишки. Лікувальна вітамініотерапія полягає у поповненні дефіциту вітамінів їх лікарськими формами (ін'єкції, таблетки).

При дисиміляційному гіповітамінозі спостерігаються різного роду порушення обмінних процесів, які зумовлюють зміни в метаболізмі вітамінів. Так, підвищується потреба у відповідних вітамінах при порушенні співвідношення окремих компонентів їжі (надмірне вживання вуглеводів, дефіцит білка), перебуванні в екстремальних умовах (високогір'я, високі або низькі температури), різних захворюваннях, включаючи патологію органів травлення, уживанні медикаментів (сечогінних, антагоністів кальцію, антибіотиків, сульфаніламідних ліків).

Слід мати на увазі, що окремі речовини (антиметаболіти) мають противітамінні властивості. Так, кумарин діє як антивітамін К і різко знижує вміст у крові протромбіну.

Метотрексат є антагоністом фолієвої кислоти і може викликати мегалобластну анемію. Чимало антивітамінів міститься в окремих продуктах харчування людини: авідин курячого яйця утворює комплекс із біотином і порушує його всмоктування; лінатин, що міститься у бобових, грибах, лляному насінні, блокує вітамін В₆; ліпопротеїди сирих бобових є антивітамінами вітаміну Е. Нарешті, розвитку вітамінної недостатності може сприяти нерациональне їх призначення. Так, вітаміни РР, В₁₂, фолієва кислота, введені в надмірних дозах, викликають дефіцит вітаміну В₁.

Отже, запобігання згаданій формі гіповітамінозу буде залежати від урахування всіх згаданих вище обставин і може мати як лікувальний (при терапії метотрексатом), так і профілактичний характер (призначення вітамінів в екстремальних умовах, заборона окремих продуктів харчування).

Аліментарний гіповітаміноз зумовлений недостатнім надходженням вітамінів з їжею, що може спричинятися низьким вмістом їх у продуктах, кулінарною обробкою, нерациональним харчовим раціоном. Харчовий раціон повинен бути збалансований за вмістом білків, жирів і вуглеводів, відповідати віковій, статі, характеру роботи людини.

Відомо, що при термічній обробці продуктів руйнується 10% вмісту вітаміну А, 30% – вітамінів В₁ та РР, 50% – вітаміну В₂, 60% – вітаміну С. Суттєве

зменшення вмісту вітамінів відбувається в процесі зберігання продуктів, навіть за умови дотримання усіх режимів. Про важливість складу їжі, що уживається, свідчить факт дефіциту вітаміну В₁ при надмірному переважанні в раціоні вуглеводів. При недостатньому надходженні з їжею повноцінних білків значно порушується засвоєння вітамінів А, В₂, С та РР. З іншого боку, при надлишку білка в раціоні підвищується потреба у вітамінах С та групи В [7, 8].

1.3 Методи дослідження вмісту вітамінів у харчових продуктах

Актуальність дослідження вмісту вітамінів викликана необхідністю суворого контролю їхньої концентрації, адже шкідливим для організму є як надлишок, так і нестача. Порушення норм у вітамінно-мінеральному комплексі веде до дисфункції обміну речовин і появи різних захворювань [19].

Результати регулярних масових обстежень, проведених Інститутом харчування НАН України та деякими медичними організаціями, свідчать про недостатнє споживання вітамінів, мінеральних речовин і мікроелементів більшістю населення нашої країни.

Аналітичні методи визначення вітамінів в харчовій продукції можна умовно розділити на 3 групи: скринінг (напівкількісний), кількісний і якісний. Умовно методи визначення вітамінів можна поділити на ряд груп, які визначаються умовами приладового оформлення та принципами детекції.

За допомогою існуючих імуноферментних методів (ІФА) можна визначити вітамін В₁₂, фолієву кислоту, біотин. Основними недоліками даного методу вважаються висока вартість і необхідність одночасного дослідження великої кількості зразків [18] для зниження вартості дослідження одиничного зразка.

Для визначення вітамінів В₆, В₁₂, біотину, фолієвої і пантотенової кислот в харчовій продукції успішно використовують мікробіологічні методи аналізу. Перевагами даного методу є висока чутливість і мінімальна підготовка проб досліджуваних зразків продукції. мікробіологічне визначення вітамінів лягло в основу методичної та нормативної документації в США і країнах Європейського

союзу (ЄС). Недоліками даного методу є підвищені вимоги до мікробіологічної чистоти посуду, реактивів, а також тривалість процесу культивування [6].

Високоєфективна рідинна хроматографія є одним з найбільш часто використовуваних методів визначення як водо-, так і жиророзчинних вітамінів. Метод ВЕРХ дозволяє здійснювати поділ з одночасним кількісним визначенням вмісту вітамінів при їх сумісній присутності в харчовій продукції. На рис. 1 представлений приклад хроматограми, отриманої із застосуванням ВЕРХ з використанням ультрафіолетового детектування (діодний матриця), одночасного кількісного визначення вітамінів С, В₁, В₂, РР, В₅ і В₆ в полівітамінному сиропі.

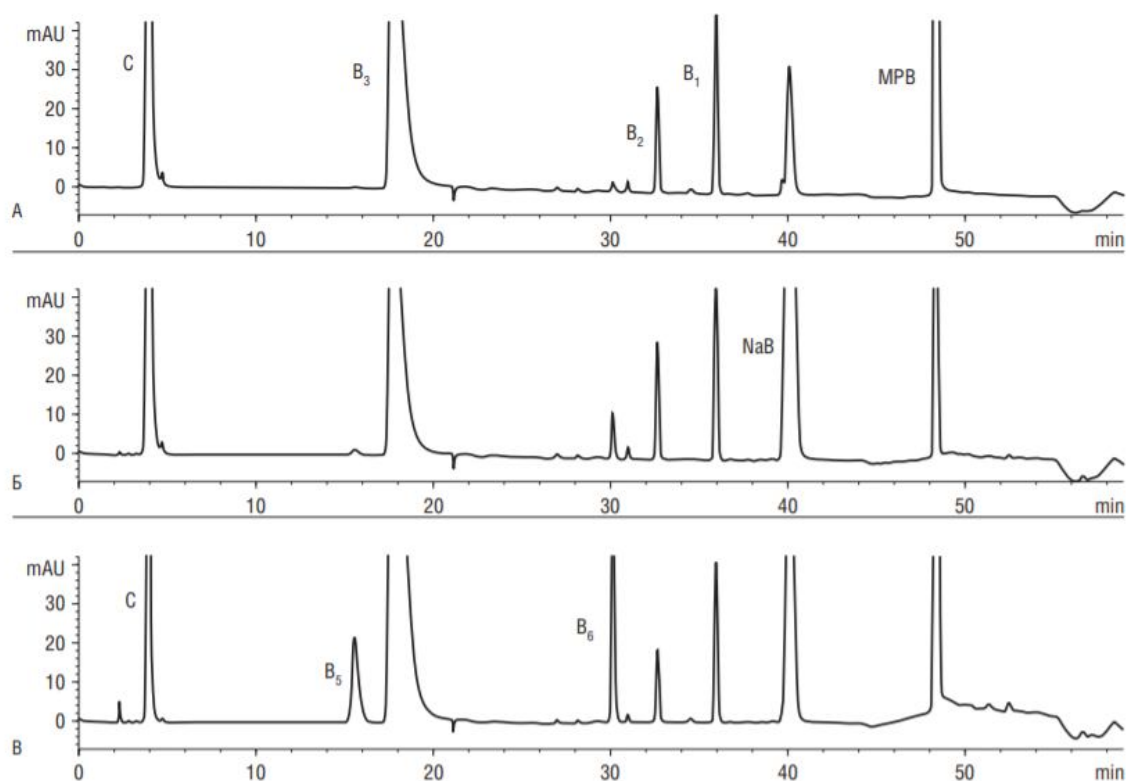


Рис. 1. Приклад ВЕРХ-хроматограми одночасного кількісного визначення вітамінів С, В₁, В₂, РР (В₃), В₅ і В₆ в полівітамінному сиропі

На рис. 2 представлений приклад хроматограми, отриманої із застосуванням ВЕРХ з використанням ультрафіолетового детектування (діодна

матриця), одночасного кількісного визначення вітамінів С, В₁, В₂, РР, В₅, В₆, В₈, В₉ і В₁₂ в полівітамінних комплексах .

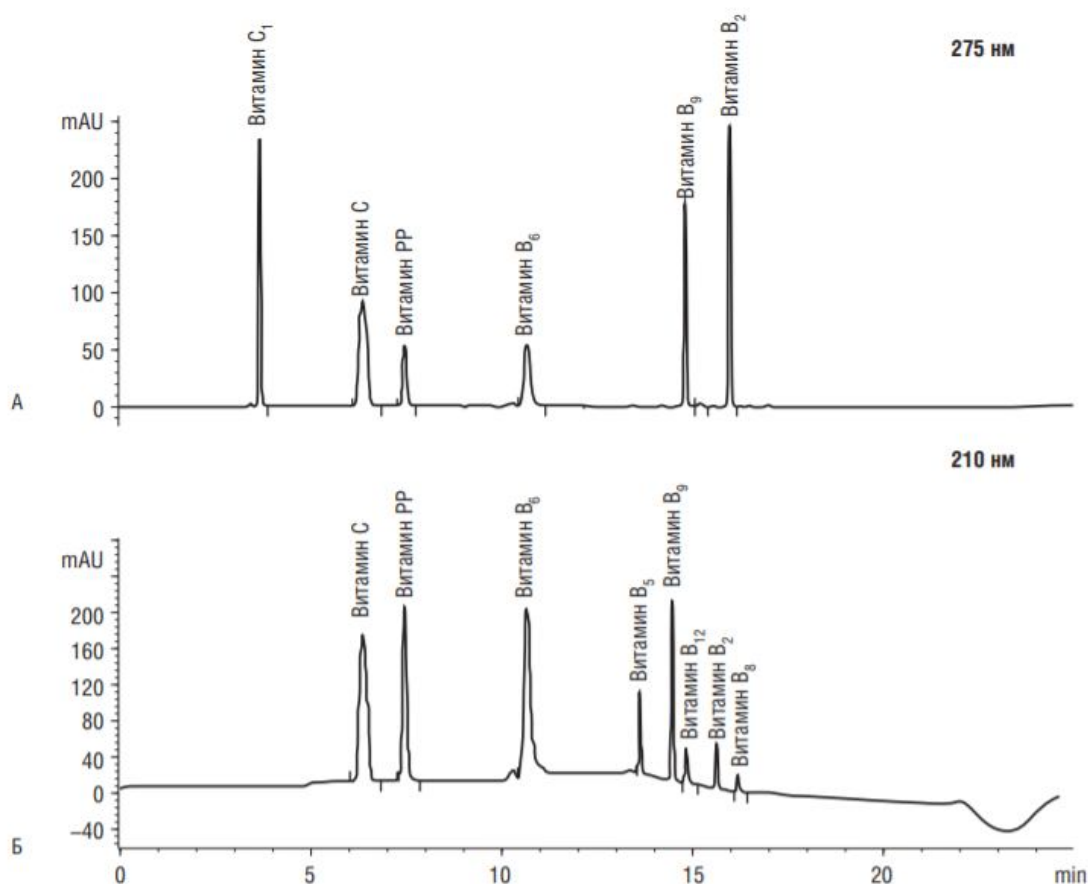


Рис. 2. Приклад ВЕЖ-хроматограми одночасного кількісного визначення вітамінів С, В₁, В₂, РР, В₅, В₆, В₈, В₉ і В₁₂ в полівітамінних комплексах

Основні переваги методу рідинної хроматографії стосовно аналізу вітамінів визначені її високою точністю і чутливістю, можливістю дослідження різних форм вітамінів, дуже близьких за своєю будовою і властивостями; можливістю автоматизації процесу; широким інтервалом концентрацій сполук, що визначаються. Поєднання з іншими фізико-хімічними методами дає здатність підтвердити дані про вміст вітамінів в харчовій продукції, отримані методами ВЕРХ та ІФА [18, 25].

Крім ВЕРХ, для одночасного аналізу декількох водорозчинних вітамінів застосовується метод капілярного електрофорезу, заснований на принципі різній швидкості міграції заряджених частинок і молекул в постійному електричному полі. Основними перевагами капілярного електрофорезу в порівнянні з хроматографічних методами є більш висока ефективність і мала витрата реактивів [6].

1.4 Особливості зберігання вітамінів

Вітаміни відрізняються нестійкістю і під впливом ряду факторів зовнішнього середовища (температури, кисню повітря, ультрафіолетових променів, кислот, лугів, солей важких металів і ін.) руйнуються і втрачають свої біологічні властивості [1].

Вітамін А руйнується під впливом кисню повітря і ультрафіолетових променів, швидко і в значних кількостях руйнується при сушінні овочів, фруктів і ягід, особливо на сонці. При кулінарній обробці продуктів втрачається до 30% вітаміну А і каротину.

Найбільша кількість вітаміну В₁ знаходиться в оболонках зерна і в його зародку, при приготуванні борошна вищого сорту він втрачається практично повністю (залишається у висівках). При варінні втрачається 45% вітаміну В₁, при смаженні – 42%, при гасінні – 30%.

Вітамін В₂ дуже чутливий до впливу ультрафіолетових променів. Втрати при варінні становлять 43%, при смаженні – 18%, при гасінні – 10%.

Вітамін В₅ вразлива навіть до незначних підвищень температур. Так за подібних умов вона починає частково руйнуватися, а при дії високих температур руйнується повністю.

Вітамін В₆ (піридоксин) є досить стійким, в тому числі у кислому та лужному середовищах і навіть при нагріванні до 121°C у цих середовищах. Найактивніше вітамін В₆ руйнується у нейтральному середовищі за дії сонячного та розсіяного світла. Втрачається при більшості форм приготування і обробки.

Втрата вітаміну В₆ від консервування овочів складає близько 60-80%, а від консервування фруктів – близько 40%, від заморожування фруктів – близько 15%, при переробці зерна в зернових продуктах – 50-95%.

Вітамін В₉ нестійкий до світла, легко руйнується при тепловій обробці їжі, особливо в овочах. В процесі виготовлення перших страв руйнується до 70-90% в овочах і в м'ясі. Втрати вітаміну збільшуються при подрібненні. Велика втрата вітаміну В₉ при консервації.

Вітамін В₁₂ (ціанкобаламін) руйнується під впливом світла, луку, кислоти і води, а також частково від високої температури. Близько 70% вітаміну В₁₂ зберігається при приготуванні м'яса і кип'ятінні молока.

Вітамін Е дуже стійкий при нагріванні, в процесі термічної обробки продуктів практично не руйнується. Але цей вітамін чутливий до кисню повітря і сонячного світла. Добре зберігається в заморожених плодах.

Вітамін РР – це вітамін, найбільш стійкий щодо зберігання і кулінарної обробки. Консервування, заморожування і сушіння мало впливають на зміст РР в харчових продуктах. Вплив високої температури, варіння, смаження веде до зниження вмісту вітаміну РР в стравах на 5-40% в порівнянні з його рівнем у сирих продуктах. При виготовленні борошна вітамін РР залишається у висівках.

Вітамін D вважається відносно стійким. Встановлено, що втрати вітаміну D в розмірі 25-30% відбуваються, коли сир піддається температурній обробці до 232°C в духовці протягом приблизно 5 хвилин. Зберігання сиру протягом 9 місяців при температурі 4-9°C не впливає на вітамін D.

Вітамін С, який руйнується вже при 60°C, – один з найбільш нестійких вітамінів. На цей вітамін негативно впливає сонячне світло, тривале зберігання, підвищена вологість і теплова обробка

Біофлавоноїди руйнуються при зберіганні з використанням кімнатної температури та при обробці високими температурами. Руйнування флавоноїдів також спостерігається при взаємодії з водою та світлом [12, 13, 24].

1.5 Методи збереження вітамінів у харчових продуктах

Вітаміни – нестійкі сполуки, які легко руйнуються під впливом різних факторів. Тому головним завданням при зберіганні і переробці плодоовочевої продукції є використання всіх засобів, що сприяють зменшенню руйнівної дії повітря, світла, вологості і ферментів на вітаміни, зменшення вилучення і виходу з водою поживних водорозчинних складових частин вітамінів, мінеральних речовин, цукру, фруктових кислот і ароматичних речовин [1].

Основні фактори, які впливають на ступінь і швидкість зміни вітамінів – дія світла і кисню повітря, температура зберігання і обробки, реакція середовища, взаємодія вітамінів з іонами металів та ін [24, 27, 32].

На світлі вітаміни руйнуються. Тому практично всі продукти повинні зберігатися в затемнених приміщеннях, так як світло прискорює окислення жирів, викликає позеленіння і проростання овочів, змінює смак, аромат і колір більшості продуктів. Деякі вітаміни дуже чутливі не тільки до світла, але і до контакту з киснем, що міститься в повітрі [14].

Найбільш сприятлива температура для зберігання плодів, овочів і вітамінів в них близька до 0°C. Чим нижче відсоток відносної вологості, тим менше вміст пари в повітрі. Висока відносна вологість повітря (85-95% і більше) позитивно впливає на зберігання плодів і овочів [17].

Висушування, заморожування і зберігання в металевому посуді значно знижують вміст вітамінів у вихідних продуктах, навіть в тих, які традиційно вважаються джерелами вітамінів. Серед вітамінів найбільшою стійкістю володіють РР, В₆, В₂, В₃ і Н. Високою чутливістю до дії світла відрізняються С, В₂ і В₉. Термолабільними є вітаміни А і С. Руйнуються киснем повітря вітаміни С, А, Е, В₁ і В₉. Ці вітаміни є антиокислювачами і оберігають сировину і продукти від окислювального псування [2, 11, 28, 30].

Деякі вітаміни чутливі до реакції середовища, так в нейтральному середовищі стійкі вітаміни В₃, В₉, в кислому – В₁, В₂. Треба відзначити, що руйнування вітамінів може носити і ферментативний характер. Це характерно

для вітамінів В₁, С (ферменти тіаміназа, аскорбатоксідази). Щоб довше зберегти продукти, їх консервують, солять, сушать, заморожують.

Існує багато способів зберігання плодоовочевої продукції, ягід і винограду. Основні з них: сушка, заморожування і зберігання в холодильниках.

На сьогоднішній день існує кілька промислових технологій сушіння: конвективна, кондуктивна, сублімаційна, високочастотна, сучасна екологічно чиста інфрачервона технологія. Остання заслуговує на особливу увагу, тому що ця технологія зневоднення дозволяє зберегти вітаміни та інші біологічно активні речовини на 85-90% від вихідного продукту. При подальшому нетривалому замочуванні сушений продукт відновлює всі свої натуральні властивості: колір, природний аромат, форму, смак, при цьому не містить консервантів, тому що висока щільність інфрачервоного випромінювання знищує шкідливу мікрофлору в продукті, завдяки чому він може зберігатися близько року без спеціальної тари, в умовах, які виключають утворення конденсату. У герметичній тарі даний сухопродукт може зберігатися до 2 років без відчутної втрати своїх властивостей [2, 21, 28].

Існує й інший високоякісний спосіб сушіння – вакуумне сублімаційний, інакше її називають ліофілізацією або сублімацією, це процес переходу речовини з твердого стану в газоподібний без рідкої фази. Прогресивним способом консервування є сублімаційне заморожування із криогенним подрібненням. Воно ґрунтується на використанні низьких температур з застосуванням в якості холодоагенту інертного середовища рідкого азоту. Даний спосіб дозволяє зберегти до 95% поживних речовин, вітамінів, ферментів, біологічно активних речовин. Виготовлення порошкоподібних добавок даним способом дає можливість не лише максимально повно зберегти біологічно активні компоненти вихідної сировини, а й збільшити кількість вітамінів та фенольних сполук з Р-вітамінною активністю. Кінцевий продукт отримують із високою пористістю. Відновлений продукт не вимагає додаткової теплової обробки. Завдяки високій мікробіологічній чистоті, отримані порошки часто рекомендують до використання у дитячому та дієтичному харчуванні. Якщо сублімовані продукти

залити водою, то вони відновлюються протягом 2-3 хвилин. Важать вони в кілька разів менше, ніж свіжі, не вимагають спеціальних умов зберігання і при температурі не вище $+39^{\circ}\text{C}$ можуть зберігатися 2-5 років. Одним із головних недоліків даного способу є його значна вартість. Також сушіння таким способом вимагає додаткової підготовки теплоносія. Піддавати такій сушці можна лише свіжі продукти, інші – просто не витримають цього процесу. Собівартість сублимованого продукту може в 4 рази перевищувати аналогічну продукцію, висушену конвективним способом. Сублімації сушіння – технологія витратна, вона набуває економічну доцільність при виробництві дорогої продукції, наприклад, органічних, екологічно чистих ягід і фруктів [21, 29].

В даний час одним з найбільш поширених способів зберігання вітамінів у швидкопсувних плодах і овочах є технологічний процес швидкого заморожування.

Основною вимогою, що пред'являється до цього способу, є забезпечення умов, при яких м'які ягоди, овочі і фрукти (суниця, ожина, малина та ін.) не мнуться, зберігається їх цілісний вигляд, виключається можливість змерзання окремих ягід і шматочків плодів і виходить сипучий заморожений продукт, який зручно фасувати і переробляти.

Чим швидше відбувається процес заморожування, тим більше утворюється кристалів, менше їх розміри, вища якість продукту. Плоди, ягоди, овочі заморожують при температурі $-35\text{-}45^{\circ}\text{C}$, для зберігання доводять температуру продукту до -18°C і далі зберігають при цій температурі [5, 11].

Основним принципом конвективного сушіння є продування крізь сировину догрітого до максимальної температури повітря або теплоагента. Під час висушування матеріал прогрівається до температур близько 70°C . До переваг такого способу сушіння слід віднести і те, що за рахунок попереднього заморожування процес відбувається інтенсивніше на 25-30%. В результаті конвективного сушіння часто отримують продукти із специфічними органолептичними властивостями, що обмежує їх використання. Окрім того, для сушіння можливо використовувати лише сировину із високим вологовмістом. На

сьогодні активно ведуться роботи з удосконалення даного способу сушіння [3, 22].

Сушіння кондуктивним способом є більш економічним порівняно із іншими способами зневоднення, що пов'язано із невеликою вартістю обладнання та зниженими енерговитратами у оточуюче середовище. Така сушка відбувається шляхом передачі тепла від теплоносія до продукту через розділяючу їх стінку. В результаті цього отриманий порошок має невисоку споживчу якість та зменшений термін зберігання через його нерівномірну вологість. Сушіння здійснюється зависоких температур, що призводить до значних втрат рослинних мікронутрієнтів (до 30-40 %).

Нині відомі способи сушіння овочевої та фруктової сировини із її попереднім обробленням за допомогою високотемпературних теплоносіїв або осаджувачів. Перед сушінням сировина обробляється спеціальними речовинами. Це дозволяє створити на її поверхні тонку плівку, що сприяє нагромадженню парів усередині шматочків при подальшому конвективному сушінні, або ж за рахунок хімічного послаблення клітинних стінок зменшує тривалість процесу сушіння відповідно.

Одним із головних недоліків даних способів є суттєві втрати поживних речовин та необхідність додаткового оброблення сировини перед сушінням кислотами, фітином, пектином, розчином сахарози, речовинами, що запобігають знебарвленню [17, 22].

До методів сушіння, що не потребують наявності теплоносія, відносять мікрохвильове, діелектричне, акустичне та ІЧ-сушіння:

- мікрохвильове сушіння базується на впливі на продукт інтенсивного електромагнітного поля надвисоких частот;
- діелектричне – відбувається за рахунок впливу на продукт струмів високої та надвисокої частоти;
- акустичне – за рахунок самовипарювання вологи в результаті виникнення градієнта загального тиску в матеріалі за допомогою звукових коливань;

– сушіння за допомогою ІЧ-променів відбувається шляхом проникнення ІЧ-променів у товщу продукту та передачі тепла з поверхні сировини в навколишнє середовище. Волога спочатку переміщається всередину продукту, а згодом, за рахунок випарювання з поверхні, починає переміщуватися з середини на поверхню [20].

Привабливість даних способів полягає у збереженні на 80-90% поживних речовин продукту. Порошок швидко відновлюється та має високі органолептичні показники, високу мікробіологічну чистоту. Така технологія має високу рентабельність. У той же час складна конструкція обладнання потребує особливої кваліфікації персоналу та значних витрат в обслуговуванні й ремонті. Також під час проведення сушіння існує ймовірність термічного пошкодження сировини, що призведе до значного зниження харчової та біологічної цінності сушеного продукту. Цей фактор сильно звужує сферу використання сухого продукту [24, 26].

До одних із сучасних методів відносять сушку зі змішаним теплопідведенням (ЗТП-сушку). Цей спосіб заснований на створенні умов для активної гідродинамічної та теплової взаємодії агента сушіння з об'єктом сушіння.

Сировина знаходиться в середині спеціального тепломасообмінного модуля – функціональної ємності (ФЄ), в якій площа поверхні на порядок більша масообмінної поверхні. При цьому, на відміну від традиційного конвективного сушіння, теплоносій не має безпосереднього контакту із поверхнею, що віддає вологу і передає теплоту об'єкту через тверду газонепроникну стінку ФЄ будь-яким способом. Роль масообмінної поверхні виконують наявні на поверхні ФЄ зазори(щілини), розміри й розташування яких на поверхні ФЄ визначаються режимами й видами матеріалу, що зневоднюється. Сушильним агентом виступає зволожене повітря. Недоліком цього способу сушіння є те, що проводити процес можливо тільки з використанням ФЄ сталих розмірів із певними габаритами. У той же час слід вказати на високу якість отриманих сушених продуктів. За своїми органолептичними і технологічними

властивостями сушені продукти не поступаються продуктам, отриманим внаслідок сублімаційного сушіння [11].

Розглядаючи проблему збереження біологічно активних речовин при зберіганні і переробці сировини рослинного походження, слід зазначити, що основна увага приділяється збереженню вітамінів, і в першу чергу вітаміну С, як найбільш схильному до шкідливої дії низьких температур. Встановлено наступну закономірність: найбільші втрати вітаміну С спостерігаються, як правило, в перші 3 місяці зберігання і можуть досягати 50% в залежності від виду рослинної продукції та кінцевої температури заморожування. Надалі швидкість розпаду вітаміну С знижується. До кінця зберігання втрати можуть доходити до 70-85% [3, 5, 11].

При сушінні плодів на сонці вітамін С руйнується майже повністю, внаслідок чого сухофрукти аскорбінової кислоти не містять. При сублімаційному сушінні ягід вдається зберегти деяку кількість вітаміну С, хоча і знижену на 70-80% [17, 28, 30].

2 Експериментальна частина

2.1 Об'єкти і методи дослідження

2.1.1 Об'єкти дослідження

Об'єктами для проведення досліджень виступали харчові продукти, що містять вітамін С. Фрукти (яблуко, лимон та виноград), сік з яких був оброблений різним чином, досліджувався на вміст вітаміну С. Крім того, здійснювався аналіз кількості вітаміну в продуктах за способом підготовки зразків до дослідження та умов тривалості зберігання та виду обробки [1, 17, 24, 26, 30].

2.1.2 Методи дослідження

Підготовка сировини для отримання соку та дослідження його на вміст вітаміну С здійснювалась відповідно схемі наведеній у таблиці 1.

Таблиця 1

Підготовка зразків фруктів до дослідження

Фрукти	№ зразка	Промивання	Розрізання	Подрібнення	Віджимання соку
яблуко	1	вода, $t = 20^{\circ}\text{C}$	металевий ніж	металева терка	металева соковижималка
	2	вода, $t = 20^{\circ}\text{C}$	керамічний ніж	пластикова терка	скляна соковижималка
лимон	3	10% розчин NaHCO_3 , вода, $t = 100^{\circ}\text{C}$, 1 хв.	металевий ніж	—	металева соковижималка
	4	10% розчин NaHCO_3 , вода, $t = 100^{\circ}\text{C}$, 1 хв.	керамічний ніж	—	скляна соковижималка
виноград	5	вода, $t = 20^{\circ}\text{C}$	—	—	металева соковижималка
	6	вода, $t = 20^{\circ}\text{C}$	—	—	скляна соковижималка

Сенс дослідження полягає в порівнянні кількості вітаміну С в певному рівному обсязі соку фруктового джерела. Причому один зразок стикався з металом (залізним ножом і теркою), інший був оброблений без зіткнення з металом (використаний керамічний ніж та пластмасова терка) [1].

Було проведено дослідження залежності вмісту вітаміну С в свіжоприготовлених соках яблука та лимону від тривалості контакту з киснем повітря. Дослідження проводилось протягом дванадцяти годин через кожні 3 години [30].

Також було проведено дослідження залежності вмісту вітаміну С в яблучному та лимонному соку при тепловій обробці та зберіганні, схема дослідження наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Схема дослідження вмісту вітаміну С у яблучному та лимонному соках при зберіганні та тепловій обробці

Фрукти	№ зразка	Тривалість кип'ятіння, хв.	Тривалість зберігання, год.
яблуко	7	-	1
	8	10	1
	9	-	12
	10	10	12
	11	10	-
лимон	12	-	1
	13	10	1
	14	-	12
	15	10	12
	16	10	-

Вміст вітаміну С досліджували йодометричним методом титрування соку. Йодометрія – титриметричний метод аналізу, заснований на окисненні вітаміну С йодом [17].

Якщо аскорбінову кислоту титрувати йодом у присутності крохмалю, то після закінчення титрування надлишкова крапля йоду викличе незникаюче синє забарвлення.

Сік об'ємом 20 мл, отриманий з продуктів (яблуко, лимон), помістили в колбу місткістю 100 мл з тією ж метою розбавлявся дистильованою водою, доводячи об'єм титруємого розчину до 100 мл. Розведення враховували при розрахунках. Розведений розчин перенесли в колбу для титрування та відтитрували 0,1 н розчином йоду до солом'яно-жовтого забарвлення [6, 26].

Вміст вітаміну С у відсотках розраховали [27] за формулою:

$$X = \frac{V \times T \times V_1 \times 100\%}{a \times V_2} \quad (1)$$

де V – об'єм йоду, який витратили на титрування, мл;

T – титр, г/мл;

V₁ – об'єм колби, мл;

V₂ – об'єм піпетки, мл;

a – об'єм аліквоти, мл

2.2 Результати досліджень та їх обговорення

За результатами досліджень було виявлено, що при контакті із залізними виробами (ножами, терками, металевим посудом) вміст вітаміну С в продуктах зменшується (табл. 3) [1].

Вміст вітаміну С за різними варіантами обробки фруктів при отриманні соку

Продукт	Кількість вітаміну С, мг на 100 мл соку		Втрата вітаміну у %
	Контакт з металом	Без контакту з металом	
Яблуко	11,38	20,32	44,0%
Лимон	41,96	49,8	15,75%
Виноград	4,60	6,00	23,30%

У варіанті з яблуком втрати вітаміну С при контакті з металом становила 44%, виноград втрачає близько 23,3% вмісту аскорбінової кислоти, при цьому лимон втрачає лише 15,75% вітаміну, що є найменшим результатом серед досліджених фруктів [17].

Це пояснюється тим, що в присутності кисню виникає комплекс між залізом Fe (II) і аскорбіновою кислотою, що призводить до формування активних форм кисню, імовірно $[\text{OH}\cdot]$. Запропонований механізм (рис. 3) показує окислення аскорбінової кислоти в дегідроаскорбінову кислоту шляхом перенесення електронів через Fe (II) і подальшого гідроксилування ароматичної сполуки.

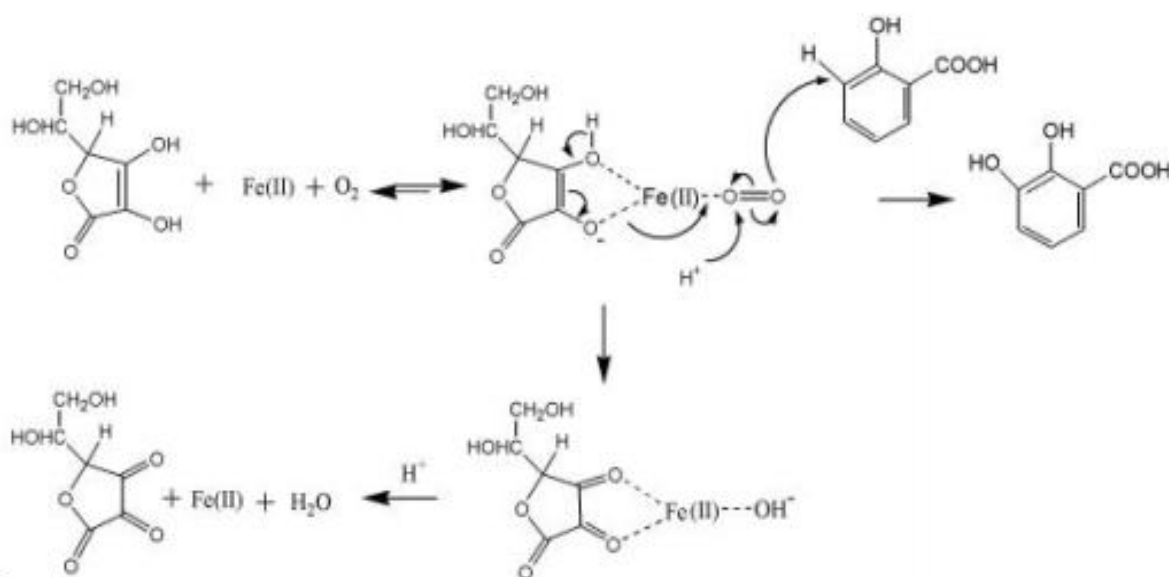


Рис. 3. Окислення аскорбінової кислоти в дегідроаскорбінову кислоту

Аскорбінова кислота має ряд відомих взаємодій з іонами металів. Ці взаємодії включають окислювально-відновні реакції:

1. Активацію молекулярного кисню, що веде до окислення ендогенних ароматичних фрагментів (система Udenfriend).

2. Зниження швидкості реакції переходу тривалентного заліза в двовалентне, сприяння їх участі в активації перекисів (Реакція Фентона) .

3. Іони металів каталізують окислення аскорбінової кислоти з супутнім утворенням перекису водню (H_2O_2) і утворенням потенційного оксиданта – гідроксильного радикала (ОН) (згідно Weissberger та ін.)

При дослідженні вмісту вітаміну С у яблучному соку в залежності від часу зберігання на відкритому повітрі виявлено, що вже після зберігання протягом трьох годин на повітрі при температурі $20^{\circ}C$ втрачається близько 20% вітаміну С, тоді як при збільшенні часу зберігання тенденція втрати аскорбінової кислоти зменшується. Після шести годин зберігання втрата вітаміну зменшується на 5% від початкової втрати і становить приблизно 15%. Протягом дев'яти годин втрата становить майже 12%. Після дванадцяти часового зберігання на відкритому повітрі вміст вітаміну С зменшується ще на 6%. В остаточному результаті, після 12 годин зберігання на відкритому повітрі вміст вітаміну С у яблучному соку становить приблизно 47% від загальної кількості вітаміну до початку експерименту і складає $9,55 \text{ мг/см}^3$ (рис. 4).

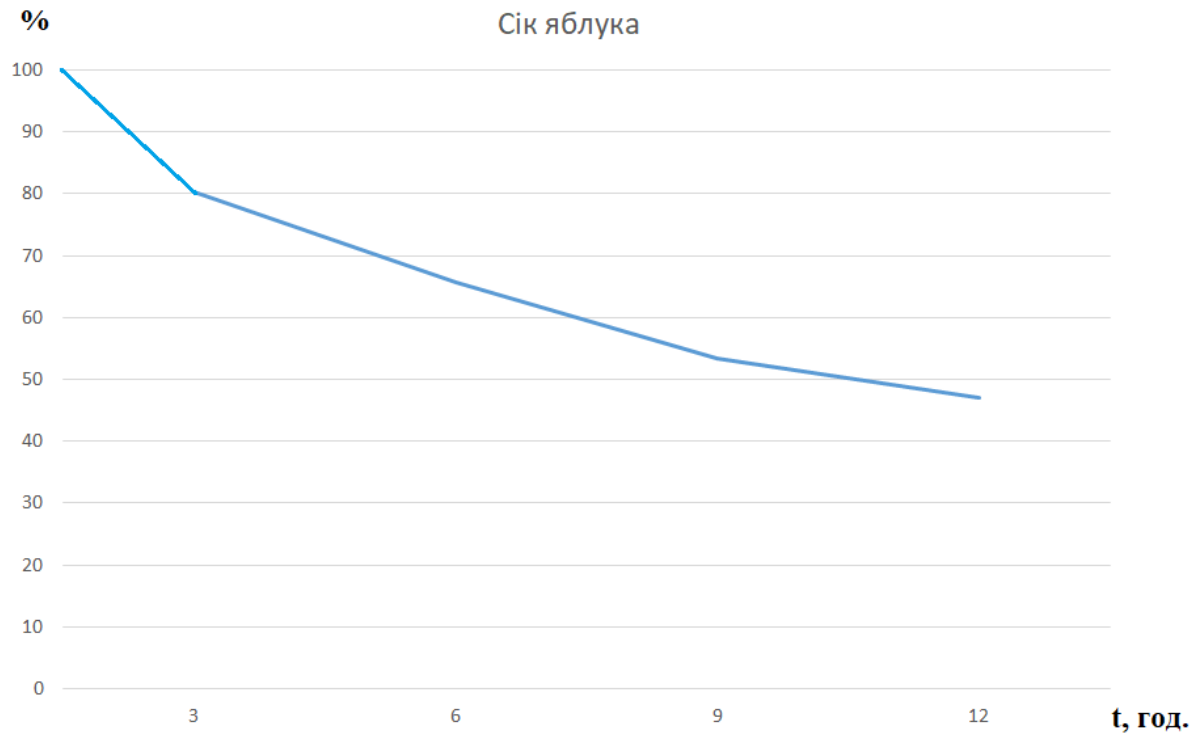


Рис. 4. Зміна вмісту вітаміну С при зберіганні яблучного соку

При тривалому зберіганні свіжоприготовленого соку лимона відбувається незначне окиснення вітаміну С киснем повітря – через 12 годин його вміст становить $47,2 \text{ мг/см}^3$, тобто зменшується на 2,6% (рис. 5).

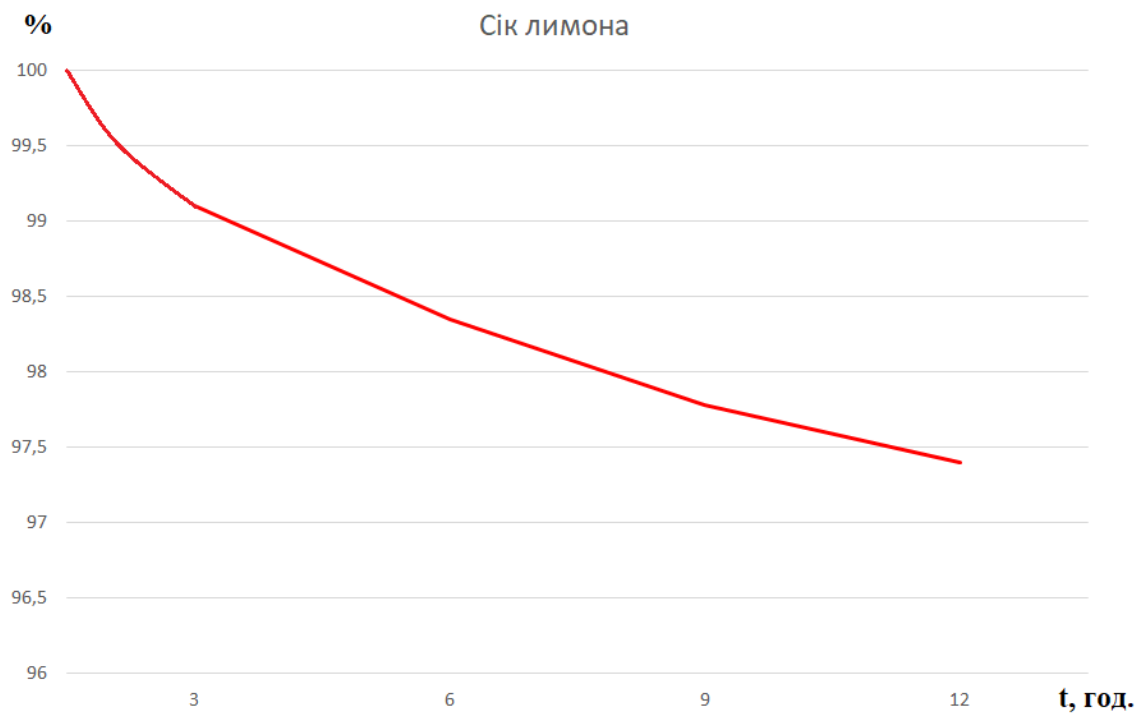


Рис.5. Зміна вмісту вітаміну С при зберіганні лимонного соку

Цей факт пояснюється тим, що сік лимона на відміну від яблучного соку не містить аскорбатоксидазу, яка окиснює аскорбінову кислоту, тому вітамін С не руйнується при тривалому зберіганні лимонного соку на відкритому повітрі [17, 22, 24, 30] .

Отже, основний ворог вітаміну С – кисень, так як він незворотно окислює аскорбінову кислоту до неактивних речовин через наявність в деяких фруктах ферменту аскорбатоксидази.

Під час теплової обробки продуктів вітаміни, які в них містяться, можуть певною мірою руйнуватися. При виготовленні кулінарних виробів та їх подальшого зберігання вітамін С (аскорбінова кислота) є найбільш сприйнятливим до цього. Ступінь його руйнування залежить від багатьох факторів: вмісту вітаміну С та його форми в сирому продукті, типу термічної обробки (тривалості, співвідношення води та продукту, інтенсивності кипіння, контакту з атмосферним киснем), наявності речовин які спричиняють руйнування прискорення або уповільнення вітаміну С. Активність вітаміну С знижується особливо швидко, коли їжа зберігається при підвищеній температурі.

Було встановлено, що кип'ятіння соку після зберігання на повітрі, при якому незворотно окислюється аскорбінова кислота до неактивних речовин, дозволяє частково відновити вміст вітаміну С. Так, після зберігання на відкритому повітрі соку яблук протягом години при кімнатній температурі втрачається приблизно 15% аскорбінової кислоти, тоді як наступна тепла обробка (не більше 100 °С) цього соку викликає поновлення вмісту вітаміну на 10% і становить вже майже 95% від початкового обсягу. Але, якщо свіжоприготовлений сік зберігати більше 12 годин, то вміст аскорбінової кислоти значно зменшується і становить лише половину початкової кількості. Після кип'ятіння соку при такій витримці вміст вітаміну поновлюється на 13% і становить приблизно 60% від вмісту у соку, який щойно приготували (табл. 4)

Вміст вітаміну С у яблучному та лимонному соках при зберіганні і тепловій обробці

Фрукти	№ зразка	Тривалість кип'ятіння, хв.	Тривалість зберігання, год.	Вміст вітаміну С у %
яблуко	7	—	1	85,1
	8	10	1	95,3
	9	—	12	47,2
	10	10	12	60,1
	11	10	—	93,6
лимон	12	—	1	100,0
	13	10	1	100,0
	14	—	12	97,4
	15	10	12	99,4
	16	10	—	100,0

Явище такого плану можна пояснити особливістю вітаміну С – здатністю до відновлення його окисненої форми ферментом аскорбінредуктазою, що міститься у фруктах. Тоді як інший фермент – аскорбатоксидаза діє навпаки, тобто переводить вітамін С в окиснену форму, яка не виявляє біологічних властивостей вітаміну С в організмі людини і не забезпечує імунний захист. У свою чергу для порівняння сік лимона не містить аскорбатоксидазу, тому вплив кисню, теплової обробки та кип'ятіння не викликає руйнування вітаміну в таких кількостях.

Чим більше сік піддається тепловій обробці, тим менші показники вмісту аскорбінової кислоти у відсотковому відношенні. Загалом зниження вмісту кислоти спостерігається з 13,2 % до 8,0 %

За умов кип'ятіння яблучного соку відразу після його отримання вміст вітаміну знижується на 6,4% і становить 18,98 мг/см³ (рис. 6), у свою чергу при тих же параметрах вміст аскорбінової кислоти в лимонному соку майже не змінився (рис. 7) через відсутність ферменту, який переводить вітамін в окиснену форму [12, 13, 27, 30].

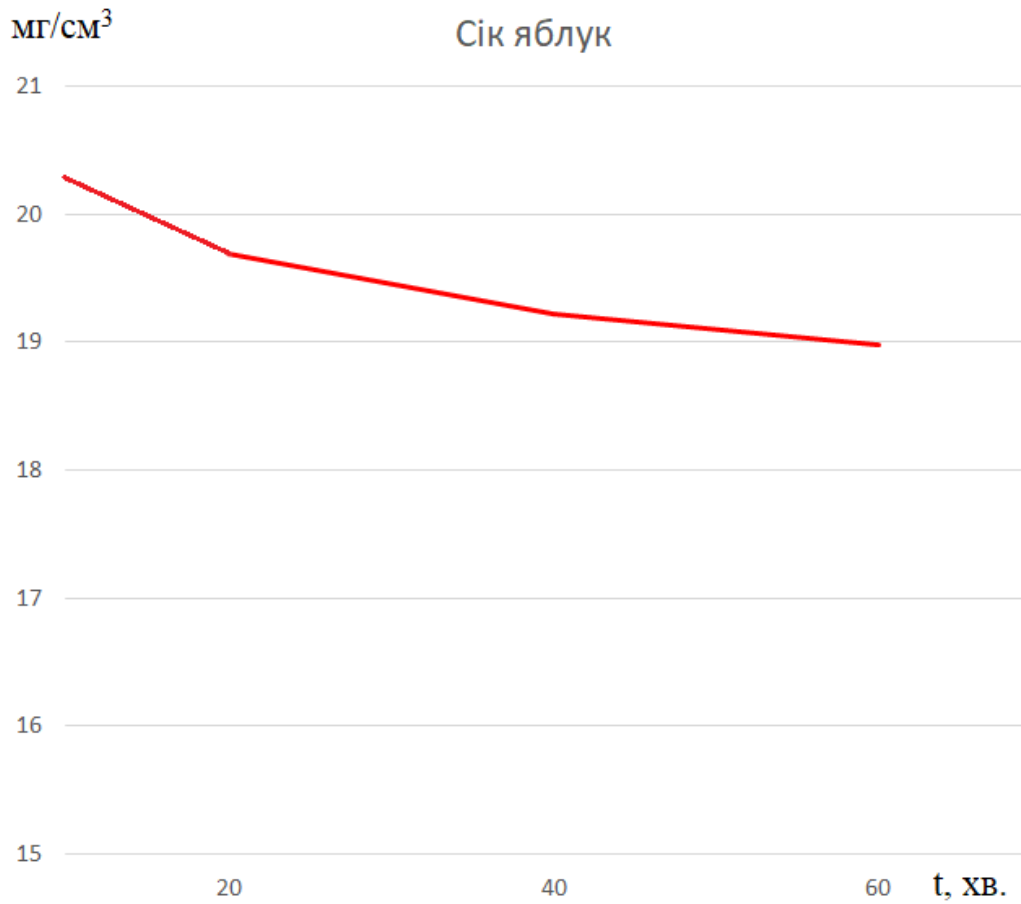


Рис. 6. Залежність вмісту вітаміну С в яблучному соку від тривалості кип'ятіння

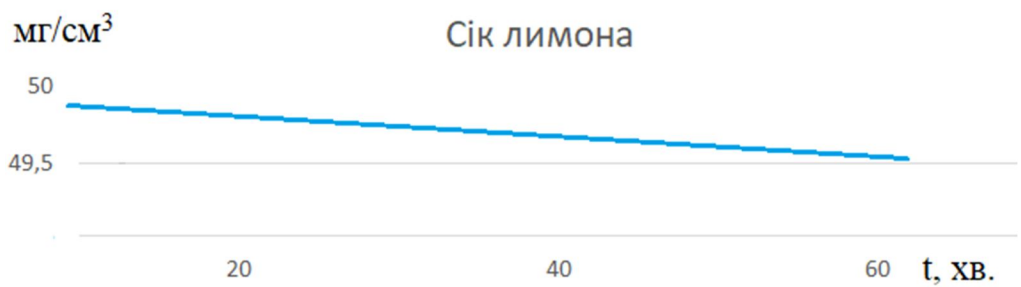


Рис. 7. Залежність вмісту вітаміну С в лимонному соку від тривалості кип'ятіння

Отримані результати свідчать про те, що аскорбінова кислота зберігається в продуктах у відносно великих кількостях тільки за певних умов, недотримання яких, зазвичай, веде до значного руйнування цього вітаміну, а отже, до збіднення їжі. Для отримання вітаміну С із свіжовіджатих соків доцільно вживати їх одразу після приготування, не залишаючи на відкритому повітрі. Тривале кип'ятіння соків викликає часткове руйнування вітаміну, особливо в тому випадку, коли одночасно здійснюється вплив підвищеної температури і кисню повітря [17, 24].

3. Технологічна частина

Деякі види фруктів та ягід мають короткий термін зберігання і їх важко транспортувати. Всю цю сировину можна піддавати переробці в сік [29].

Сучасні системи приготування соків характеризуються високою продуктивністю при наявних витратах ручної праці.

Залежно від технології виробництва соки класифікують на натуральні (які не мають добавок) з одного виду сировини; з цукром або сиропом із цукру, які додають до соку з підвищеною кислотністю для гармонійного кисло-солодкого смаку; змішані (змішані), якщо змішувати, вони усувають недоліки одного соку за рахунок іншого, вони бувають як натуральними, так і з додаванням цукру або сиропу. Всі соки можуть бути як освітленими, так і неосвітленими [26].

Беручи до уваги різноманіття тари для консервованих продуктів, а також зручності планування, розрахунків та звітності, прийнята система розрахунку продукції в облікових одиницях або, як їх ще називають, звичайних банок та одиниць ваги – кілограмів або тонн. Загальну кількість готової продукції виражають у тисячах або мільйонах звичайних банок. Всі види продукції, упаковані в скляну або дерев'яну тару, виставляються в рахунках. Фруктово-ягідні соки, натуральні, з цукром, з м'якоттю, концентровані, змішані, фруктово-ягідні маринади, джеми, сиропи, фруктові соуси та пасти, напої, желе, екстракти, начинки, фрукти та ягоди, натерті на тертці або подрібнений з цукром, цукати, консервовані фрукти та ягоди для дитячого та дієтичного харчування, штучний мед розраховується у банках із масою нетто. Компоти, фрукти та ягоди в цукровому сиропі розраховуються в об'ємних банках. Солені, мариновані, заморожені, сухі овочі та різні напівфабрикати розраховуються у одиницях ваги.

Визначення необхідної кількості яблук для виготовлення 100 тонн освітленого яблучного соку здійснюється з урахуванням показнику – норма виходу соку, для яблук він складає 60%

Розрахунок ведеться за формулою визначення кількості сировини, необхідної для одержання соку:

$$X = \frac{B \times V \times 100\%}{(100 - P)\%} \quad (2)$$

де X – кількість сировини;

B – кількість соку, що фасується в одну банку, кг;

V – вихід консервів у фізичних банках;

P – кількість відходів (за нормою $\approx 40\%$);

В залежності від деяких факторів, таких як сорт яблук, з яких виготовлений сік, ступеня їх стиглості, необхідно також розраховувати витрати цукру (згідно з рецептом), необхідного для підсолоджування отриманого соку до його консервування [15, 17].

На рис. 8 представлена принципова технологічна схема виробництва освітленого плодово-ягідного соку.

Миття сировини проводять задля видалення забруднень, механічних домішок, пестицидів та мікрофлори з поверхні сировини. Найчастіше сировину миють двома способами: на початку технологічного процесу та після перевірки та сортування. Яблука та інші стійкі до механічних пошкоджень та ударів, плоди миють на барабанній машині А9-КМ-2 продуктивністю понад 4000 т/год. Тут сировина вимочується і ретельно миється. Далі похилий конвеєр переносить сировину в споліскувальну зону душовим пристроєм. Плоди вивантажуються на роликовому конвеєрі через лоток.

Інспектування (перевірка) – це процес видалення сировини, яка може вплинути на якість кінцевого продукту (фрукти та ягоди з дефектами: гнилі, побиті, зморщені, пом'яті, запліснявілі). Підготовка фруктів та ягід до соковижимання складається з подрібнення сировини (витяг м'якоті) та обробки м'якоті різними способами для збільшення виходу соку.

При виробленні соків сировину найчастіше подрібнюють у машинах КДП-4М, КДМ-4М продуктивністю 8т/год і А9-КІС – 6т/год.

Відомі такі методи обробки м'язги: бланшування, зброджування, застосування ферментних препаратів, змінного електричного струму на електроплазмолізаторах та електричних імпульсів високої частоти, звукових й ультразвукових коливань, заморожування [22].

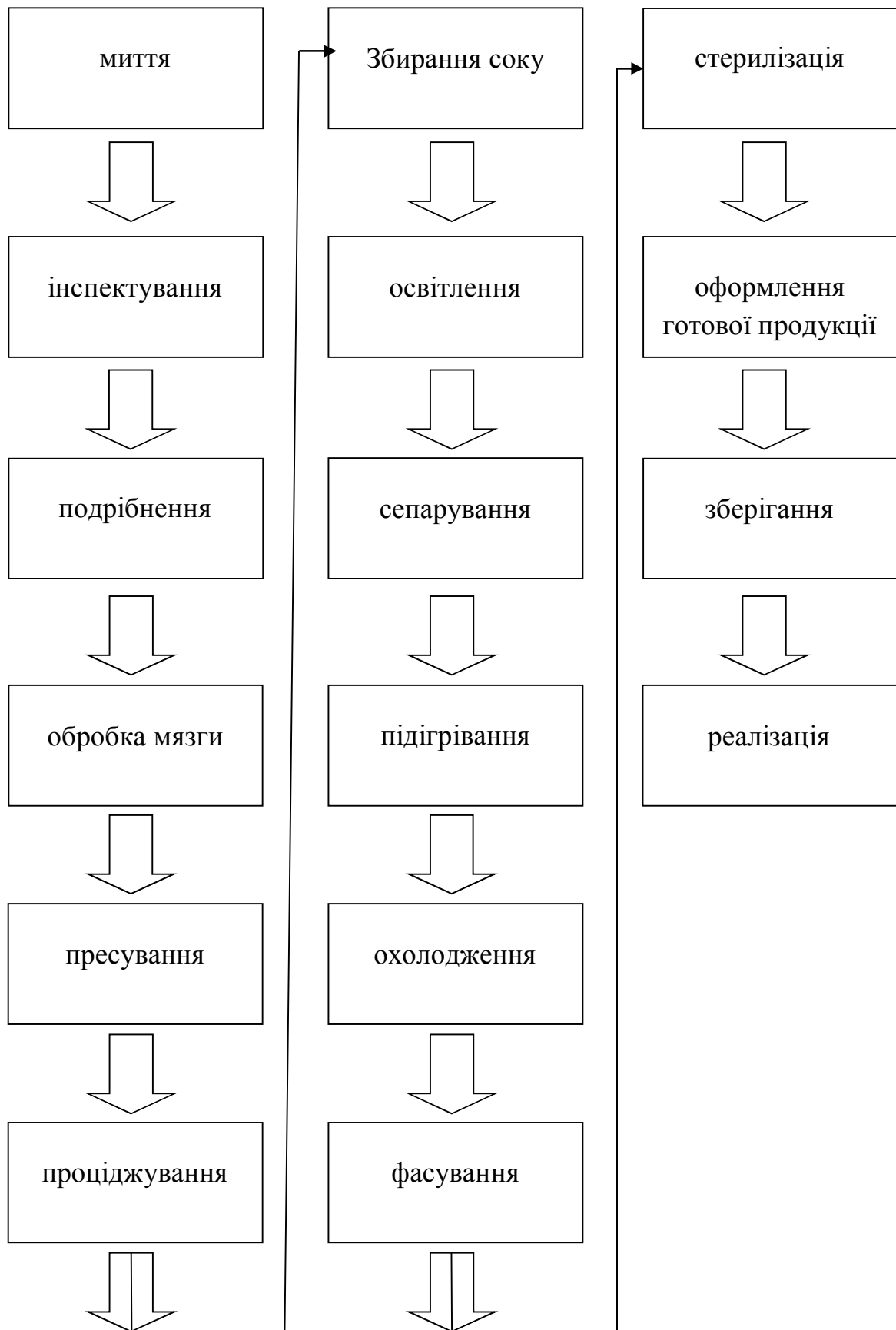


Рис. 8. Технологічна схема виробництва освітленого плодово-ягідного соку

Серед основних способів отримання соку із плодів і ягід – пресування. Преси бувають періодичної та безперервної дії. Часто застосовують пак-прес РОК-200с карусельного типу з трьома платформами, продуктивністю понад 3 т/год.

Проціджування відбувається на апараті КС-12, який оснащений ситом із нержавіючої сталі. Цей процес застосовують з метою захоплення великих частин, що потрапили у відпресований сік

Після пресування і проціджування через сита сік накопичують у резервуарах великого об'єму в яких і відбувається освітлення.

Під час процесу освітлення сік декантують, тобто зливають прозору рідину з осаду. Процес освітлення тримає від трьох до чотирьох місяців при температурі 1-2°C.

Подальший процес сепарування ґрунтується на затримці твердих частинок перегородкою з порами. Сепарування проводять у двох режимах: зі сталою швидкістю чи тиском. Найчастіше використовують останній метод. Застосовують сепаратори Г9-КОВ з напівзакритим періодичним вивантаженням осаду.

Підігрівання соку проводять з метою видалення повітря, ферментної інактивації, стерилізації при гарячому розливанні соку та поліпшені санітарного стану сировини. Після цього процесу сік обов'язково піддається охолодженню.

Для фасування соків використовують тару виготовлену на основі щільного паперу або картону. Також випускається скляна тара – це переважно банки та пляшки. Фасування продукції здійснюється на автоматичних або напівавтоматичних машинах.

Маркування готової продукції наносять у вигляді етикетки з текстом на яких зазначено підприємство, яке виготовляє продукцію, його товарний знак, нормативно-технічну документацію, сорт, умови зберігання, масу нетто та об'єм.

Продукцію, яка готується на реалізацію зберігають в ящиках на піддонах, висота такого піддону від чотирьох до п'яти з половиною метрів. Умовами для зберігання соків є температура, яка в межах від 0 до 20 °C., вологість не більше

75%. Для соків, які знаходяться в скляній тарі не рекомендується попадання променів світла [5, 7, 32].

Термін придатності соку залежить від виду тари в яку він був розфасований [4].

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Мета обробки та зберігання вітамінів у харчових продуктах.

Проаналізувавши новітні та сучасні методи зберігання харчових продуктів можна відзначити їхню цінність в харчуванні людини, так як при виготовлені продукції перше на що звертають увагу це на вимоги і правила виробництва продукції.

Стан харчування населення, якість та безпека харчової сировини та харчових продуктів є факторами, що мають найбільше значення для підтримання та зміцнення здоров'я населення.

В останні роки особлива увага приділяється здоровому харчуванню, яке включає безпеку харчових продуктів – біологічну, хімічну та радіаційну.

Безпека харчових продуктів – це стан харчових продуктів, який вказує на відсутність неприйняттого ризику зі шкідливим впливом на людину та майбутні покоління.

Шкідливий вплив на людину чинять фактори, пов'язані з наявністю в їжі забруднень (забруднень): радіонукліди, токсини, патогени, що загрожують життю чи здоров'ю людей

Харчові забруднювачі в даний час включають досить широкий спектр хімічних речовин (токсичні елементи, пестициди, нітрозаміни, поліхлоровані біфеніли та ін.), Біологічні (цвілі та мікотоксини, бактеріальні та бактеріальні токсини, дріжджі, токсини з морепродуктів тощо) та фізичні за своєю природою, з мікробіологічними ризиками на першому місці.

Крім того, слід враховувати, що розробка та впровадження нових технологій у харчовій промисловості може призвести до нових ризиків, пов'язаних з харчуванням.

Отже, безпека продуктів харчування повинна бути гарантована протягом усього ланцюга її життєвого циклу: вирощування продовольчої сировини, виробництво, транспортування, зберігання та продаж.

У сучасних ринкових умовах необхідно здійснювати як суворий контроль виробництва, що здійснюється виробником харчових продуктів, з виявленням потенційних ризиків забруднення кінцевого продукту, так і державний контроль за його безпекою [4].

Серед вимог до якості їжі (Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини») однією з головних вимог є їх не зараженість інфекційними мікроорганізмами. Звичайно, навіть при найдосконаліших методах підготовки продуктів, це неможливо за цим показником. Отже, бажаною метою є отримання їжі з найменшим вмістом інфекційних мікроорганізмів. Мікроорганізми, які активно розвиваються за сприятливих умов, можуть не тільки спричинити шкоду та фінансові збитки, якщо не дотримуватися правил виробництва та переробки, а також отруєння для споживача. Буває так, що деякий час бактерії не впливають на зміну зовнішнього вигляду та смаку, але вже негативно впливають на організм людини, якщо продукти неправильно зберігаються. Щоб уникнути проблем, слід серйозно поставитися до цієї проблеми та уникати невідповідності в умовах виробництва та обробки. Кожен тип продукції має свої власні норми, які походять із стандартів та правил. Можна віднайти їх у спеціальному документі, що регламентує роботу з продуктами харчування, наприклад — ЗУ «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» від 13 вересня 2001 року N 2681-III [7].

4.2 Наслідки недотримання умов обробки харчових продуктів на організм людини.

Основні типи антропогенного забруднення продуктів харчування та харчової сировини:

1. Застосування нових, нетрадиційних технологій у виробництві харчових продуктів, включаючи хімічний та мікробіологічний синтез харчових речовин.

2. Забруднення сільськогосподарських культур та продуктів тваринного походження пестицидами, які використовуються для боротьби з шкідниками рослин та у ветеринарній практиці для терапевтичної профілактики тварин.

3. Застосування не затверджених кормових добавок, консервантів, стимуляторів, профілактичних та терапевтичних препаратів у тваринництві та птахівництві, використання схвалених препаратів у великих дозах.

4. Застосування барвників, консервантів, антиоксидантів та їх використання в кількості, що перевищує їх гранично допустиму концентрацію.

5. Порушення агротехнічного регламенту використання добрив, твердих та рідких промислових та тваринних відходів, стічних вод.

6. Міграція токсичних речовин з харчового обладнання та упаковки в харчові продукти в результаті використання несанкціонованих полімерів, гуми та металевих виробів.

7. Утворення в їжі ендогенних токсичних сполук під впливом тепла (наприклад, смаження, копчення, випромінювання).

8. Недотримання гігієнічних вимог у технології виробництва та зберігання їжі, що призводить до утворення бактеріальних токсинів (афлатоксинів, мікотоксинів тощо)

9. Поглинання токсичних та канцерогенних речовин, включаючи радіонукліди, у харчові продукти та сировину з навколишнього середовища [14].

Хвороби харчового походження

Проблема харчових отруєнь та харчових токсикоінфекцій не потребує особливих коментарів. Харчове отруєння зазвичай спричинене забрудненням їжі патогенними бактеріями та грибками, такими як токсини бактерій ботулізму або грибкові афлатоксини. Зараження може статися під час зберігання, транспортування або переробки їжі. Крім того, клінічні наслідки інфекцій завжди пов'язані з дією токсинів, що виробляються мікроорганізмами. Попадання живих патогенних мікроорганізмів у шлунково-кишковий тракт (ШКТ) або внутрішнє середовище організму може призвести до токсичної інфекції. Ризик харчових захворювань загрожує кожному.

Хвороби, що передаються через їжу, є широко розповсюдженою проблемою охорони здоров'я як у розвинутих, так і в країнах, що розвиваються.

Необхідно ретельно перевіряти безпеку харчових продуктів, вироблених біотехнологічно. Для наукового обґрунтування рішень щодо здоров'я людини повинні бути розроблені та узгоджені на міжнародному рівні нові методи та принципи оцінки таких харчових продуктів.

Незважаючи на відсутність належної реєстрації, основний тягар цієї проблеми лежить на країнах, що розвиваються, оскільки внаслідок широкого спектру захворювань, що передаються харчовими продуктами, включаючи хвороби, викликані паразитами. Висока поширеність діарейних захворювань у багатьох країнах, що розвиваються, свідчить про серйозні проблеми безпеки харчових продуктів.

Хоча багато харчових захворювань є спорадичними і часто ніколи не повторюються, спалахи харчових захворювань можуть бути великими (через низьку якість їжі, забруднену воду тощо) [14, 23].

4.3 Техніка безпеки під час обробки та виготовлення харчових продуктів.

Інструкції техніки безпеки при роботі на виробництві продуктів харчування

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. Чоловікам і жінкам, які пройшли підготовку в цій галузі, дозволяється працювати виробниками продуктів харчування.

1.2. На робочому місці працівник проходить початковий інструктаж з питань охорони праці, а саме:

Стажування; навчання устрою та правилам експлуатації технологічного обладнання; курс по санітарно-гігієнічній підготовці з іспитом; перевірка знань в обсязі I групи з електробезпеки; теоретичні знання та набуті навички безпечних методів роботи.

1.3. Принаймні раз на півроку працівник повинен проходити повторне навчання з охорони праці, принаймні раз на рік – черговий тест на знання вимог охорони праці, санітарно-гігієнічне навчання – відповідно до українського законодавства.

1.4. Під час роботи у виробництві продуктів харчування на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини та механізми, рухомі деталі електромеханічних пристроїв, рухома сировина, напівфабрикати;
- знижена температура поверхні охолоджуючих пристроїв, сировини;
- низька температура повітря в робочій зоні;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- висока вологість;
- підвищене значення напруги в ланцюзі;
- недостатня освітленість робочої зони;
- гострі краї та нерівні поверхні обладнання, інструментів, інвентарю, контейнерів;
- фізичні перевантаження.

1.7. Виробляючи продукти харчування, працівник повинен:

- залишати верхній одяг, взуття, шапки, предмети особистого користування в роздягальні;
- помити руки водою з милом перед початком роботи, одягнути чистий санітарний одяг, заправити волосся під шапку або рушник, або надягнути спеціальну сітку для волосся;
- працювати в чистому одязі, міняти його, якщо він брудний;
- зняти прикраси, годинники, вкоротити нігті при виготовленні напівфабрикатів;

Усі електродвигуни повинні бути заземлені, а рухомі частини — захищені. Транспортні стрічки та дробарки очищаються лише при відключеному електродвигуні.

Сепаратор демонтується і промивається лише після повного зупинення. При збірці сепаратора, щоб уникнути дисбалансу ротора, на їх місці повинні бути встановлені однакові деталі (кожна деталь повинна мати свою ідентифікацію). Якщо виникають незвичні шуми або вібрації, негайно зупиніть сепаратор або центрифугу.

Обслуговуючий персонал отримує захисний одяг: гумові чоботи, водонепроникні фартухи, рукавички. Працівникам забороняється проводити ремонт без згоди технічного керівництва.

Існують певні труднощі з утриманням великих резервуарів для зберігання соків, оскільки їх промивають гарячою (60-70°C) їдкою содою та гарячою водою. Робота з лужними розчинами, особливо гарячими, вимагає великої обережності. Резервуари миють за допомогою спеціальної установки, в якій готують і нагрівають лужний розчин. Розчин і вода подаються в резервуари під тиском через шланги. Перед введенням системи в експлуатацію перевіряють заземлення електродвигунів, огорожі та міцність з'єднання шлангів та складаних труб. На кришках резервуара пристрою слід наносити написи «Обережно: гарячий їдкий розчин» та «Увага: гаряча вода». Система вмикається лише після того, як шланги закріплені в резервуарах і при закритих люках. У разі випадкового контакту з розчином лугу на тілі пошкоджену ділянку необхідно швидко промити холодною водою. В кінці роботи бак системи промивають лужним розчином прісною водою.

Сокопроводи обробляють лужним розчином з активним хлором, тому при роботі також слід дотримуватися правил техніки безпеки [7, 23].

ВИСНОВКИ

Відомо що вітаміни відрізняються нестійкістю і під впливом ряду факторів зовнішнього середовища (температури, кисню повітря, ультрафіолетових променів, кислот, лугів, солей важких металів та ін.) руйнуються і втрачають свої біологічні властивості. Тому головним завданням при зберіганні і переробці плодоовочевої продукції є використання всіх засобів, що сприяють зменшенню руйнівної дії повітря, світла, вологості і ферментів на вітаміни.

При контакті із залізними виробами (ножами, терками, металевим посудом) вміст вітаміну С в продуктах зменшується на 16-44% залежно від виду фруктів, що пов'язано з утворенням комплексу між залізом Fe (II) і аскорбіновою кислотою в присутності O₂. Для запобігання руйнування вітаміну в процесі виробництва соків доцільно застосовувати обладнання з скла або пластмас.

Втрата вітаміну С при тривалому контакті з повітрям (12 годин) у лимонному соку складає лише 2,6%.

Під час теплової обробки продуктів вітаміни, які в них містяться, можуть певною мірою руйнуватися. Чим більше сік піддається тепловій обробці, тим менші показники вмісту аскорбінової кислоти у відсотковому відношенні. Загалом втрата вітаміну при кип'ятінні протягом години коливається в межах 13,2-8,0%

Вміст вітаміну С, а також тривалість збереження його у фруктових соках покращуються майже на 10%, якщо спочатку сік підлягає термічній обробці.

Список використаної літератури:

1. Абаева И. К. Способы сохранения витамина С в пищевых продуктах *Неделя науки* СПбПУ. 2019. С. 242-245.
2. Антипов С. Т. Влияние значений напряженности электромагнитного поля на процесс диэлектрической сушки семян кориандра. *Хранение и переработка сельхоз. сырья*. 2002. №9. С. 50-51.
3. Антипов С. Т. Тепло- и массообмен при конвективной сушке в движущемся слое продукта. Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности. 2003. №13. С. 6-9.
4. Безопасность продуктов питания – жизненная необходимость. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http : //82.rosпотребнадзор.ru/directions/prava/145795/](http://82.rosпотребнадзор.ru/directions/prava/145795/)
5. Бейко Л. Консервування овочів холодом. *Продовольча індустрія АПК*. 2016. №.5. С. 18-22.
6. Богачук М. Н. Совместное определение водорастворимых витаминов в витаминных комплексах методом капиллярного электрофореза. *Первый московский государственный медицинский университет им. ИМ Сеченова*. 2012 С. 16-18.
7. Васюк С. О., Коржова А. С., Монайкіна Ю. В *Контроль якості продуктів харчування та харчових добавок. Модуль 1: навчальний посібник /*. 2017. №.2. С. 23-25.
8. Вдовиченко В. І., Острогляд Т. В. Вітамінна профілактика: користь, марність, шкідливість. *Раціональна фармакотерапія*. 2017. №. 4. С. 56-63.
9. Вітаміни. [Електронний ресурс]. - Режим доступа : [https : //apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/kombikorm/vitaminyi/](https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/kombikorm/vitaminyi/)
10. Горобець А. О. Вітаміни і мікроелементи як специфічні регулятори фізіологічних та метаболічних процесів в організмі дітей та підлітків. *Український журнал Перинатологія і Педіатрія*. 2019. №.4(80). С. 75-92.

11. Зарецька Д. Моделювання рецептури замороженого напівфабриката з підвищеним вмістом аскорбінової кислоти. 2020. №6. С. 55-62.
12. Какие и сколько сохраняется витаминов в выпечке и фруктовых заготовках. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : [https : //irina-co.livejournal.com/51203.html](https://irina-co.livejournal.com/51203.html)
13. Как приготовить овощи и сохранить витамины. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : [https : //www.liveinternet.ru/community/hollism/post375364875/](https://www.liveinternet.ru/community/hollism/post375364875/)
14. Кричковська Л. В., Белінська А. П., Анан'єва В. В. Безпека харчових продуктів : антиаліментарні фактори, ксенобіотики, харчові добавки. 2020. №3. С. 413-421.
15. Куклінська Ю. Р. Технології обробки продуктів харчування рослинного походження. *Наукові записки молодих учених*. 2018. №.1. С. 33-41.
16. Луценко О. І., Ворон Н. М. Роль вітамінів в житті людини. *Молодий вчений*. 2017. №.2. С. 7-13.
17. Мурашев С. В. Изменение содержания аскорбиновой кислоты при хранении и переработке. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2015. №. 41. С. 17-23.
18. Павлюк Р. Ю., Черевко А. И., Погарская В. В. Новые технологии биологически активных добавок с использованием в продуктах иммуномоделирующего и радиозащитного действия. *Академия технологии и организации питания*. Харьков. 2002. 205 с.
19. Ощипок І. М., Онишко Л. Й. Збагачення харчової сировини інгредієнтами для створення продуктів здорового харчування. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2019. №.22. С. 44-51.
20. Пенкин А. А Разработка устройства инфракрасного излучения для термической обработки зерна и локального обогрева. 2005. 20 с.
21. Погожих Н. И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях. *Специальность 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств*. Харьков. 2002. 365 с.

22. Погребняк О. О. Методи обробки продуктів на сучасному харчовому виробництві. *Ліки України*. 2015. №.4(190). С. 20-26.
23. Рогов И. А. Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов. *Современные проблемы науки и образования*. 2009. №. 1. С. 34-34.
24. Русанова Л. А. Современные способы хранения плодов, овощей, ягод и винограда. *Сфера услуг : инновации и качество*. 2013. №.13. С. 11-12.
25. Сиза О. І. Ефективність контролю якості харчових продуктів методом тонкошарової хроматографії. *Технічні науки та технології*. 2018. №.1(11). С. 150-158.
26. Скропишева О. В., Гнідець В. П. Дослідження впливу умов технологічної обробки апельсинових соків на вміст аскорбінової кислоти. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2017. №.1. С. 150-158.
27. Снежкин Ю. Ф. Научные основы разработки ресурсосберегающих технологий производства фруктово-ягодных порошков. 1993. 631 с.
28. Тарасенко Т. А. Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького*. 2015. №.17, 4. С. 148-158.
29. Транспортирование сушеных фруктов и овощей [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.znaytovar.ru/s/Transportirovanie-i-xranenie-s.html>.
30. Челябієва В. М., Савченко О. М., Сиза О. І. Вплив технологічних факторів на вміст вітаміну С у фруктових соках. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки*. 2015. №.2. С. 224-229.
31. Шульга О. К. Маркер загального стану здоров'я людини–вітамін С. *Молодий вчений*. 2018. №.2(1). С. 56-62.
32. Як має здійснюватися зберігання продуктів харчування. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : https://olteba.com/article/kak_dolzno_osushestvlyatsya_hranenie_pishevih_produktov

33. Agnelli M. E., Mascheroni R. H. Quality evaluation of foodstuffs frozen in a cryomechanical freezer. *Journal of Food Engineering*. 2002. Vol. 52, Issue 3. P. 257–263.

34. Odarchenko D. et al. Determining the rational modes for low-temperature storage and for obtaining products of Japanese Quince. P. 210 – 218.