МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

“ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ”

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для студентів галузі знань – 18 "Виробництво та технології"
Спеціальність – 181 "Харчові технології"

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
харчових технологій
Протокол № від 2017

Чернігів ЧНТУ 2017

Основи виробництва продуктів оздоровчого призначення. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів галузі знань – 18 "Виробництво та технології", спеціальність – 181 "Харчові технології" / Укл.: В.М. Челябієва, О.І. Сиза, О.М. Савченко. – Чернігів: ЧНТУ, 2017 – 32 с.

Укладачі: ЧЕЛЯБІЄВА ВІКТОРІЯ МИКОЛАЇВНА, кандидат технічних наук, доцент
СИЗА ОЛЬГА ІЛЛІВНА, доктор технічних наук, професор
САВЧЕНКО ОЛЕСЯ МИКОЛАЇВНА, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: СИЗА ОЛЬГА ІЛЛІВНА,
завідувач кафедри харчових технологій
доктор технічних наук, професор

Рецензент: БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Чернігівського національного технологічного університету

З м і с т

Вступ..... 4

Лабораторна робота № 1 Вплив технологічних факторів на вміст вітаміну С та пектинових речовин у продуктах харчування……..…….. 5

Лабораторна робота № 2 Вплив температури та харчових добавок на вміст β-каротину у готовому продукті. ……... 14

Лабораторна робота № 3 Дослідження зміни кольору пігменту бурякового соку залежно від температури та кислотності середовища..... 20

Лабораторна робота № 4 Вплив технологічних факторів на динаміку вмісту мінеральних речовин у фруктово-ягідних, молочних продуктах або їх композиціях …… 24

Рекомендована література…….. 32

Вступ

Концепція здорового харчування потребує виробництва та споживання продуктів оздоровчо-профілактичного призначення, які містять компоненти, що підвищують стійкість організму людини до будь-яких захворювань, дозволяють тривалий час зберігати активну життєдіяльність, а саме: харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини (особливо Ca та Fe), поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти, олігосахариди як субстрат для корисних бактерій тощо.

Лабораторні роботи, які пропонуються, дозволяють вивчити вплив технологічних факторів на збереження у продуктах харчування вітамінів, пектинів, антиоксидантів, природних барвників, мінеральних речовин та окреслити шляхи створення продуктів оздоровчо-профілактичного призначення. Лабораторні роботи здебільшого мають характер дослідницького пошуку, аналізу та підтвердження теоретичних положень з курсу “Основи виробництва продуктів оздоровчого призначення”. Лабораторні завдання спрямовані на розвиток у майбутніх фахівців нахилів до творчого розв’язання виробничих завдань на підприємствах галузі, а також формування умінь і навичок застосування дослідницьких методів у різноманітній науковій тематиці.

Лабораторна робота № 1

Вплив технологічних факторів на вміст вітаміну С та пектинових речовин у продуктах харчування

1.1 Мета: вивчити вплив технологічної переробки на вміст вітаміну С та пектину у яблучному соку.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Вітамін С або аскорбінова кислота – найпоширеніший вітамін. Він проявляє антиоксидантні властивості, бере участь в регулюванні обміну вуглеводів та згортанні крові, сприяє регенерації тканин, підвищує стійкість організму до інфекцій, знижує потребу людини в деяких інших вітамінах.

На відміну від багатьох тварин, організм людини не здатен синтезувати вітамін С, тому людина повинна постійно отримувати його з їжею. Добова потреба дорослої людини у вітаміні С становить 100 мг, а для дитини – 20-60 мг. Дефіцит вітаміну С призводить до послаблення імунної системи, уповільнення регенерації тканин, кровоточивості ясен, випадання зубів, варикозного розширення вен, надлишкової ваги, підвищеної втоми, роздратування, депресій, безсоння, випадіння волосся, погіршення зору.

Основними джерелами вітаміну С є рослини. Повсякденна потреба в цьому вітаміні задовольняється за рахунок вживання капусти, картоплі, зеленої цибулі, томатів і т.д. Багато аскорбінової кислоти міститься у зеленому солодкому перці, червоному перці, чорній смородині, ківі, хроні, суниці, щавлі, цитрусах. Природним концентратом вітаміну є шипшина, у 100 г сушених плодів шипшини міститься до 1500 мг аскорбінової кислоти.

Вміст вітамінів є одним із важливих показників біологічної повноцінності продукту харчування. Однак на вміст вітаміну С, наприклад, в овочах та фруктах значно впливають тривалість і спосіб їх зберігання, технологічна обробка. Так при виготовленні фруктових соків частина вітаміну С втрачається. Удосконалення технологічних умов виготовлення фруктових соків забезпечить збереження їх вітамінної цінності. Особливість вітаміну С – здатністю до відновлення його окисненої форми ферментом аскорбінредуктазою.

Яблука, як і багато інших фруктів містять аскорбатоксидазу – фермент, який прискорює окиснення аскорбінової кислоти, перетворюючи її в дегідроформу. В аскорбатоксидазі роль активної групи виконує Купрум (вміст його у ферменті 0,24 %), що змінює свою валентність у ході каталізу. Під впливом ферменту L-аскорбінова кислота легко окиснюється киснем повітря у L-дегідроаскорбінову кислоту:

L-аскорбінова кислота і її дегідроформа утворюють окисно-відновну систему, яка може як віддавати, так і приймати атоми Гідрогену, точніше електрони і протони. Дегідроформа виконує роль акцептора Гідрогену і легко відновлюється у аскорбінову кислоту ферментом аскорбінредуктазою, яка підводить до неї Гідроген, віднімаючи його від різних субстратів. Необхідною умовою активності аскорбінредуктази є присутність глютатіону, котрий є трипептидом, що складається із залишків глютамінової кислоти, цистеїну й амінооцтової кислоти. Глютатіон зустрічається у всіх рослинних і тваринних клітинах. Роль глютатіону при переході дегідроаскорбінової кислоти в аскорбінову під дією аскорбінредуктази зводиться до того, що він передає свої йони Гідрогену дегідроформі аскорбінової кислоти, переводячи її у аскорбінову кислоту. Сам глютатіон переходить в окиснену форму, при цьому окиснюється його сульфгідрильна група (SH), утворюючи окиснені молекули глютатіону, зв'язані між собою дисульфідним зв'язком (—S–S—):

$$2R\text{–}SH + C_6H_6O_6 \xrightarrow{\text{аскорбінредуктаза}} R\text{–}S\text{–}S\text{–}R + C_6H_8O_6.$$

Швидкість поновлення вітаміну С залежить від активності аскорбінредуктази, кількості глютатіону й виду продукту. Здатність аскорбінредуктази до поновлення значно вища від окиснювальної активності аскорбатоксидази. Висока активність сприяє більш інтенсивному протіканню процесу відновлення вітаміну С, ніж її окиснювання аскорбіназою.

Інші стабілізатори, що поновлюють окиснену форму вітамінів, такі як цистеїн, тіогліколева, тіомолочна кислоти, відновлюють вітамін С енергійніше й у ширшому діапазоні pH, ніж аскорбінредуктаза.

Механізм дії білків, амінокислот, пептонів, глютатіону обумовлений хімічною будовою молекул цих речовин. Вони мають вільні амідні й карбоксильні групи, котрі здатні хімічно зв'язувати Купруму – окисний ферментативний агент. При кип'ятінні стабілізуючий ефект білків посилюється, тому що відбуваються згортання й осадження комплексу «білок – Купрум», і тим самим знижується окисна активність ферменту.

Серед умов, що впливають на швидкість окислення аскорбінової кислоти дуже важливу роль грає реакція середовища. Найвищу активність аскорбатоксидаза має при pH 6,0. Тому вітамін С більш стійкий в кислому середовищі, малостійкий в нейтральному і надзвичайно швидко розпадається в лужному.

Біополімери рослинних клітинних стінок складаються із геміцелюлоз, целюлози, пектинових речовин. Наприклад, яблука містять 0,3...1,6 % пектинових речовин, 0,5...0,8 % целюлози, 0,3...0,4 % геміцелюлоз. Вміст крохмалю в недостиглих яблуках може досягати 2,2 %. По мірі дозрівання яблук масова частка крохмалю знижується практично до нуля.

Пектинові речовини локалізовані в рослинній клітині яблук. Розчинний пектин міститься в клітинному соку, міжклітинних тканинах і є запасною речовиною, яка залучається до процесу обміну. Вміст пектину залежить головним чином від стадії стиглості і сортових властивостей. Так, в столових яблуках масова частка пектину знаходиться в межах 0,3...0,93 %, а в яблуках для промислової переробки від 0,70 % до 1,6 %. Наявність в пектинових речовинах карбоксильних груп галактуронової кислоти обумовлює їх здатність до зв'язування в травному тракті іонів важких металів (свинець, ртуть, кобальт, кадмій, цинк, хром, нікель і їх сполуки) з подальшим утворенням нерозчинних комплексів (пектинати, пектати), котрі не всмоктуються і виводяться з організму. Вважають, що яблучний пектин знижує рівень холестерину в тканинах аорти на 35 %, а рівень холестерину в крові на 13 %. В пектинових речовинах яблук вміст ангідрогалактуронової кислоти складає 75,6 %. Вони мають високий ступінь метилювання – 83,0, низький вміст нейтральних цукрів 6,8 %, високу молекулярну масу. Нейтральні цукри представлені арабінозою, галактозою, ксилозою і глюкозою.

Кількість целюлози в яблуках складає від 0,3 % до 1 % і має ниткову форму. Недостатня кількість целюлози в дієті, у якості харчових волокон, сприяє розвитку ожиріння, жовчно-кам'яної хвороби, серцево-судинних захворювань. В паренхімі яблук сорту Симиренка мають перевагу полісахариди, які належать до геміцелюлоз (ксилоглюкан, галактоксилоглюкан).

При переробці яблук на сік, який міститься у клітинних вакуолях, протоплазмі, міцно утримується живою тканиною, треба пошкодити клітинну структуру плодів. В деяких випадках для цього досить механічного подрібнення, іноді необхідно застосувати додаткові методи впливу – обробку ферментними препаратами, електричним струмом, нагріванням, заморожуванням. Методи, які використовуються для підвищення виходу соку, не зупиняють біохімічні процеси, але зсувають динамічну рівновагу обмінних реакцій в бік незворотного розпаду біологічно цінних речовин (вуглеводів, вітамінів, білків і інших). Основні вимоги, які ставляться до всіх способів вилучення соку, полягають в максимальному виході соку, збереженні в соку натуральних властивостей, притаманних свіжим яблукам, швидкості і безперервності процесу, можливості механізації, високої економічності роботи. В залежності від того, який сік виробляють (освітлений, неосвітлений, з м'якоттю чи нектар) і за якою технологією, готовий продукт буде містити різну масову частку біологічно активних речовин, в тому числі харчових волокон, і мати, відповідно, різні оздоровчо–профілактичні властивості.

При дозріванні і зберіганні плодів нерозчинні форми пектину переходять в розчинні, з цим пов'язано розм'якшення плодів при дозріванні

і зберіганні. Перехід нерозчинних форм в розчинні відбувається також при тепловій обробці рослинної сировини, освітленні плодово-ягідних соків.

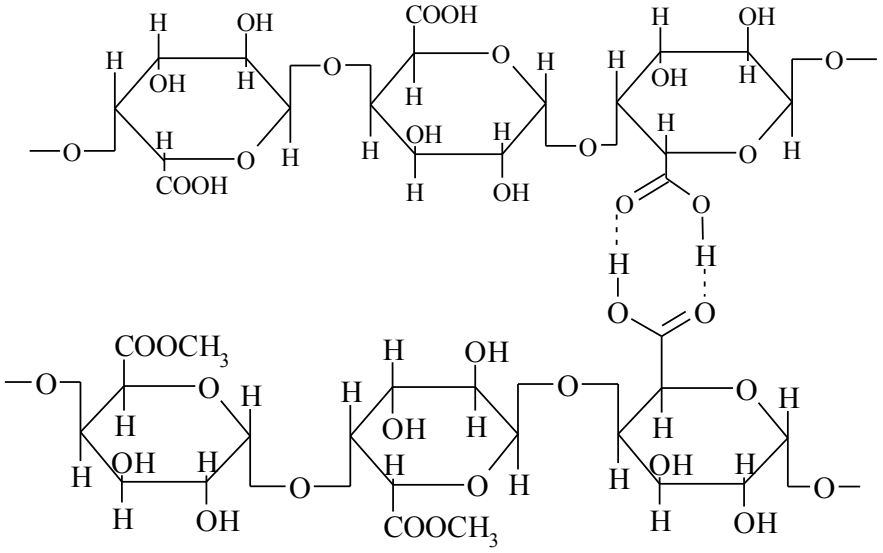
Пектин знаходить широке застосування в різних галузях народного господарства: в консервній і кондитерській промисловості для отримання желе, мармеладу, джему, повидла, конфітюру; при виробництві морозива як емульгатор і стабілізатор піни. Встановлено, що пектинові речовини гальмують процеси гниття в кишечнику більше, ніж штучно введені дезінфікуючі речовини.

Наявність у складі пектинових речовин уронових кислот підвищує опірність організму.

Пектин має здатність утворювати різні види гелів. Основні два типи гелів утворюються в присутності цукру і кислоти або при взаємодії з полівалентними металами.

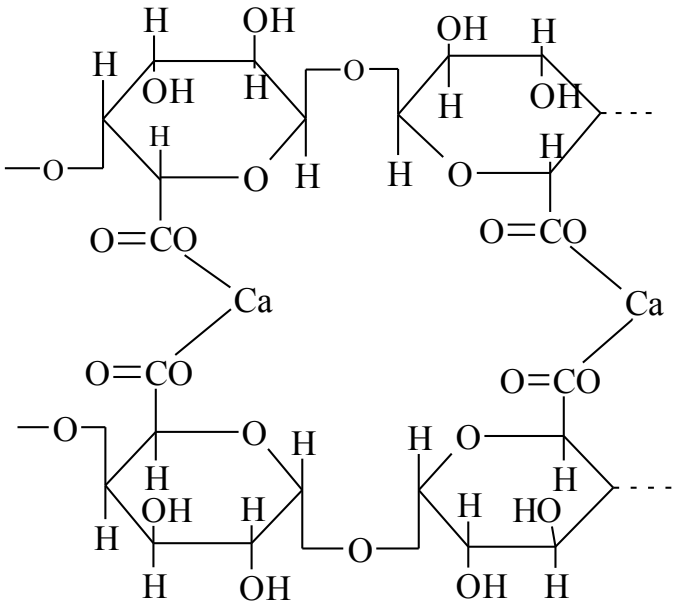
В гелях першого типу при додаванні кислоти дисоціація карбоксильних груп пригнічується, чим зменшуються сили відштовхування. Додавання цукру як дегідратуючої речовини порушує сольватацію, настає взаємне зближення частинок пектину, золь переходить в гель, при цьому утворюється сітка пектинових молекул, в якій блокується цукровий розчин.

Між карбоксильними і гідроксильними групами ланцюгів пектинової кислоти виникають водневі зв'язки. Можливо, що водневі зв'язки утворюються також між карбоксильними і гідроксильними групами пектинових молекул і полярними групами цукру:



Гелі другого типу виникають при взаємодії розчину низькометоксильованого пектину з йонами полівалентних металів. Відомо, що пектова кислота і частково метоксильована пектинова утворюють солі з металами – пектати і пектинати. Солі лужних металів розчиняються у воді, солі полівалентних металів практично нерозчинні.

Двовалентний кальцій утворює містки між молекулами пектину через карбоксильні групи (ковалентні зв'язки). При цьому утворюється тривимірна структура гелю, в якій утримується блокована рідина:



При підвищенні температури пектини руйнуються. Цей процес супроводжується зменшенням в'язкості і желюючої здатності. Зниження в'язкості і желюючої здатності викликається руйнуванням суперструктури пектинових речовин. Оптимальною для сушіння пектинових речовин є температура, приблизно рівна 80 ^{0}C. При сушінні вище цієї температури желеутворення пектину погіршується у зв'язку з деградацією.

Аскорбінова кислота руйнує пектинові речовини в присутності кисню. В результаті окиснення аскорбінової кислотою відбувається руйнування суперструктури пектинових речовин, яке супроводжується зменшенням в'язкості розчинів.

Желююча здатність пектину рослинного, широко використовувана харчовою промисловістю, у різних рослин далеко не однакова і залежить від відносної молекулярної маси пектину, від ступеня метоксилювання залишків галактуроновой кислоти і кількості супутніх баластних речовин, концентрації цукру в розчині, температури і pH середовища.

1.3 Експериментальна частина

Обладнання та реактиви: терткова дробарка, марля, друшляк, каструлі 0,5 л, яблука 2 кг, великі пробірки, хімічні стакани на 200 см^3, мірна колба на 100 см^3, мірні колби на 50 см^3 (7 шт), термометри на 150 ^{o}C, водяні бані 4 шт., піпетки на 10 см^3, 25 см^3, кристалізатор, лід для охолодження, конічні колби, паперові фільтри, бюкси, сушильна шафа, КФК-3, 0,5% розчину крохмалю, розчин 0,005н I_2, 0,25% розчин перманганату калію, 0,1н розчин гідроксиду натрію, 1н розчин оцтової кислоти, 2 моль/дм^3 розчин кальцій хлориду або кальцій ацетату.

Підготувати сировину – яблука – до переробки.

Для цього їх необхідно відсортувати, помити, проінспектувати, подрібнити на тертковій дробарці, отримати на лабораторному пресі сік.

1.3.1 Дослідження впливу температури та тривалості контакту з киснем повітрі на вміст вітаміну С у яблучному соку

Підготувати зразки соку для аналізу. *Зразок 1* – свіжевичавлений сік, який після отримання не стоїть на повітрі, його зразу піддають аналізу на вміст вітаміну С за наступною методикою:

- відбирати пробу соку об'ємом 10 $см^3$ та перенести у мірну колбу на 100 $см^3$;
- розбавити пробу у мірній колбі до 100 $см^3$;
- отриманий розчин перенести у конічну колбу, добавити 1-2 $см^3$ розчину 0,5%крохмалю і титрувати 0,005н робочим розчином I_2 до утворення синього забарвлення, яке не зникає протягом 10 с.

Розрахувати вміст вітаміну С за формулою:

$$m = (C_н \cdot V \cdot M)/1000, г$$

де $C_н$ – молярна концентрація еквівалента йоду;

М – молярна маса еквівалента аскорбінової кислоти в г, яка в даному випадку дорівнює 88 г/моль;

V– об'єм витраченого на титрування йоду, $см^3$.

Для перерахування на вміст вітаміну С в 100 $см^3$ продукта *(Х)* використати формулу: $X = (m \cdot 100)/10$, г.

Зразок 2 – свіжевичавлений сік залишити на повітрі на 30 хв., а потім визначити в ньому вміст вітаміну С за описаною методикою.

Зразок 3 – свіжевичавлений сік одразу прокип'ятити протягом 10 хв., а потім визначити в ньому вміст вітаміну С за описаною методикою.

Зразок 4 – свіжевичавлений сік відрази пастеризувати при 85 ^oC протягом 15 хв., а потім визначити в ньому вміст вітаміну С за описаною методикою.

Зразок 5 – свіжевичавлений сік залишити на повітрі на 30 хв., потім пастеризувати при 85 ^oC протягом 15 хв., а потім визначити в ньому вміст вітаміну С за описаною методикою.

Зразок 6 – свіжевичавлений сік залишити на повітрі на 30 хв., потім прокип'ятити протягом 10 хв., а потім визначити в ньому вміст вітаміну С за описаною методикою.

Зразок 7 – свіжевичавлений сік залишити на повітрі на 30 хв., потім пастеризувати при 85 ^oC протягом 15 хв., а потім визначити в ньому вміст вітаміну С за описаною методикою. Потім цей сік прокип'ятити протягом 10 хв. і повторно визначити в ньому вміст вітаміну С.

Отримані результати занести до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вміст вітаміну С у зразках соку, оброблених за різними технологічними режимами

Зразок	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Вміст вітаміну С, г/100 $см^3$ соку							

1.3.2 Дослідити вплив освітлення соку на вміст пектинових речовин

Зразок вичавленого яблучного соку піддають прискореному освітленню. Для цього його фільтрують скрізь складену у 3-4 рази марлю, нагрівають на водяній бані до 75-80^oC та витримують при цій температурі 3-4 хв. Підігрітий сок одразу охолоджують у ємності з холодною водою. Охолоджений сік відстоюють 2 год., зливають з осаду і піддають пастеризації (нагрівають при 85 ^0C протягом 15 хв.)

Порівняти зовнішній вигляд отриманого соку з свіжевіджатим необробленим та свіжевіджатим неосвітленим пастеризованим (звернути увагу на в'язкість соку, його прозорість, колір). Усі спостереження записати у звіт. Далі зразок цього соку дослідити на вміст пектинових речовин на фотоколориметрі, як це описано у 1.3.3.

1.3.3 Дослідити вплив температурного режиму обробки на вміст пектинових речовин у яблучному соку

Сік пропустити через марлю складену у 3-4 шари. Відібрати зразки соку по 25-30 $см^3$ кожний: *зразок 1* вичавленого яблучного соку нагрівати протягом 15 хв. при температурі 85 ^0C, *зразок 2* протягом 30 хв. при температурі 85 ^0C, *зразок 3* протягом 45 хв. при температурі 85 ^0C, *зразок 4* протягом 5 хв. при температурі 120 ^0C, *зразок 5* протягом 15 хв. при температурі 120 ^0C, *зразок 6* протягом 30 хв. при температурі 120 ^0C, зразок 7 – контрольний.

Втрата "каламутності" соку (випадання осаду) є дефектом з точки зору зовнішньої привабливості. Випадання осаду приписується в основному впливу ферменту пектинестеразі, який діє як стабілізатор "муті".

Пастеризація сирого соку інактивує пектолітичні ферменти, і в той же час трохи збільшує кількість зважених часток. Температура інактивації ферментів значно вище температури, необхідної для знищення присутніх мікроорганізмів. У соках, пастеризованих належним чином, зважений стан частинок зберігається невизначено довгий час, хоча кількість їх поступово знижується.

З контрольним зразком провести реакцію з перманганатом калію, як це описано нижче.

Пектинові речовини можна виявити за їх реакцією з 0,25%-вим розчином перманганату калію. До 15 $см^3$ досліджуваного розчину додати 5 $см^3$ калію перманганату. При нагріванні розчину, що містить суміш цих речовин і перманганату калію, до температури кипіння утворюється інтенсивне фарбування в золотистий колір зі слабкою зеленуватою флуоресценцією. Камедь і агар дають при цій реакції червоне забарвлення без флуоресценції. Механізм реакції, її чутливість та специфічність поки не з'ясовані в достатній мірі.

Перенести отриманий розчин у мірну колбу на 50 $см^3$, довести до позначки дистильованою водою.

Охолодити отримані *зразки №1-6*, додати перманганат калію, як це описано.

Визначити оптичну густину кожного зразку відносно дистильованої води на фотоелектроколориметрі КФК-3 при λ=500 нм. Порівнявши оптичні густини досліджених зразків зробити висновок про вміст пектинових речовин залежно від температури обробки.

Визначення пектину за пектатом кальцію

Сік пропустити через марлю складену у 3-4 шари. Відібрати зразки соку по 30-35 $см^3$ кожний: *зразок 1* вичавленого яблучного соку нагрівати протягом 15 хв. при температурі 85 ^{0}С, *зразок 2* протягом 30 хв. при температурі 85 ^{0}С, *зразок 3* протягом 45 хв. при температурі 85 ^{0}С, *зразок 4* протягом 5 хв. при температурі 120 ^{0}С, *зразок 5* протягом 15 хв. при температурі 120 ^{0}С, *зразок 6* протягом 30 хв. при температурі 120 ^{0}С, зразок 7 – контрольний.

У попередньо зважені конічні колби піпеткою Мора відбирають 25 $см^3$ кожного зразка соку (визначають масу соку), доливають 100 $см^3$ 0,1н розчину гідроксиду натрію (перевіряють pH середовища, якщо середовище кисле, поступово додають натрію гідроксиду до лужного середовища), залишають на 30 хв. За цей час відбувається реакція омилення розчинного пектину, який утворює натрієву сіль пектинової кислоти. Потім доливають у кожну колбу 50 $см^3$ 1н розчину оцтової кислоти і отримують вільну пектинову кислоту. До отриманої пектинової кислоти через 5 хв доливають 50 $см^3$ 2 моль/$дм^3$ розчину кальцій хлориду та залишають на 1 год. За цей час випадає осад пектату кальцію. З кожної колби осади переносять на сухі зважені фільтри, промивають гарячою водою доти, доки не зникне реакція на хлор з краплею розчину арґентум нітрату. Осади разом з фільтром поміщають у бюкс і сушать у сушильній шафі при температурі 100°С до постійної маси.

Кількість пектинової кислоти x,%, обчислюють за формулою:

$X=(a \cdot 92)/c$,

де а – маса осаду пектату кальцію, г;

92 – коефіцієнт перерахунку маси осаду пектату кальцію в пектинові речовини;

с – маса наважки досліджуваного матеріалу, г.

Отримані результати заносять до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вплив температури та часу обробки на вміст пектинових речовин у яблучному соку

Показник	Зразок соку						
	№1	№ 2	№3	№4	№5	№6	№7
Оптична густина, D							
Кількість пектинової кислоти х,%							

1.4 Висновок: Описати виявлені закономірності між факторами технологічного режиму (температура, аерація тощо) і вмістом вітаміну С та пектинових речовин у яблучному соку. Дати свої рекомендації щодо максимального збереження корисних речовин у яблучному соку під час його приготування.

Контрольні питання

1. назвіть рослини багаті на вітамін С?
2. Який фермент впливає на окиснення вітаміну С?
3. Яким способом можна інактивувати аскорбатоксидазу?
4. Чи всі фрукти містять аскорбатоксидазу?
5. Що таке пектин, його функціональні властивості?
6. Які механізми желювання мають низькоетерифіковані і високоетерифіковані пектини?
7. На які групи розподіляють пектини за швидкістю та температурою желювання?
8. Функції та значення для людини клітковини.
9. Норма щоденного споживання людиною клітковини та її джерела.
10. В чому полягає функціональність геміцелюлоз рослинної сировини для організму людини?

Лабораторна робота № 2

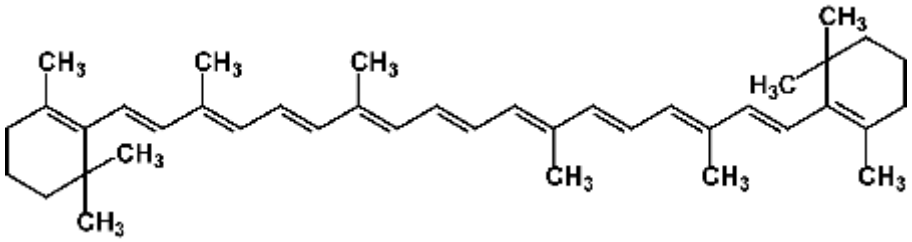
Вплив температури та харчових добавок на вміст β-каротину у готовому продукті

2.1 Мета: ознайомитися з властивостями каротиноїдів рослинної сировини, впливом технологічної переробки на їх вміст і форму у готовому продукті.

2.2 Короткі теоретичні відомості

До числа біологічно активних речовин (БАР), здатних мобілізувати захисні сили організму, належать каротиноїди. В зв'язку з наявністю в їх молекулах ланцюгового аліфатичного угрупування зі значною кількістю ненасичених подвійних зв'язків, вони здатні зв'язувати активні форми кисню, утворювати нерозчинні комплекси з йонами важких металів, виступати як модулятори протипухлинного імунітету. Онкологами було встановлено, що для зменшення впливу підвищеного радіаційного фону та ризику онкологічних захворювань добова потреба у бета-каротині – найбільш поширеному каротиноїді – зростає у кілька разів.

За своєю структурою каротини є ненасиченими вуглеводнями. Виділяють чотири різновиди: альфа-каротин, бета-каротин, гамма-каротин і дельта- каротин. Найбільш значущим серед них вважається бета-каротин (провітамін А). Він перетворюється на вітамін А на 100% на відміну від інших форм каротину, частка перетворення яких становить 50%. Хімічна формула бета-каротину– C_{40} H_{56}:



Добова потреба населення України у бета-каротині та інших БАР задовольняється наполовину. Одним з шляхів покращення забезпеченості населення бета-каротином є збагачення ним харчових продуктів. З цією метою може бути використаний природний бета-каротин (у поєднанні з іншими каротиноїдами) у вигляді водорозчинного концентрату, пастоподібних продуктів моркви, гарбуза, обліпихи, отриманих за допомогою технологій, які дають змогу зберегти якість вихідної сировини. Вміст β-каротину в моркві 4-12мг/100 г моркви. Гомогенізоване морквяне пюре з високим вмістом бета-каротину та водорозчинний каротиновий концентрат можуть бути використані як основа біодобавок профілактичної (імуностимулюючої та радіозахисної) дії. Гомогенізацію традиційно використовують як засіб зміни структури продукту, отримання однорідної консистенції для того, щоб уникнути розшарування пюре та виключити

випадіння частинок м'якоті у осад. Однак при технологічних та теплових операціях бета-каротин може руйнуватись і переходити у неактивну форму.

Сучасна технологія вилучення каротинового коагуляту з моркви характеризується значними втратами каротину (15...25 %). Розрахунки показують, що технологічна ефективність отримання каротинового концентрату з морквяного соку незначна і складає – 0,248. Навіть комплексна переробка сировини не дозволяє досягти технологічної ефективності 0,5 одиниці. Також зменшується співвідношення активної транс-форми каротину до неактивної цис-форми. Проходить знебарвлення каротину при переробленні сировини та в готових продуктах, викликане ферментативними процесами, окисними перетвореннями та епоксидною ізомеризацією. Відносний вміст подвійних зв’язків у коагуляті, визначений при довжинах хвиль 280 нм та 320 нм, за три місяці зберігання зменшується у 2,3 та 2,6 рази.

Технологічна схема отримання морквяних напівфабрикатів наведена на рисунку 2.1.

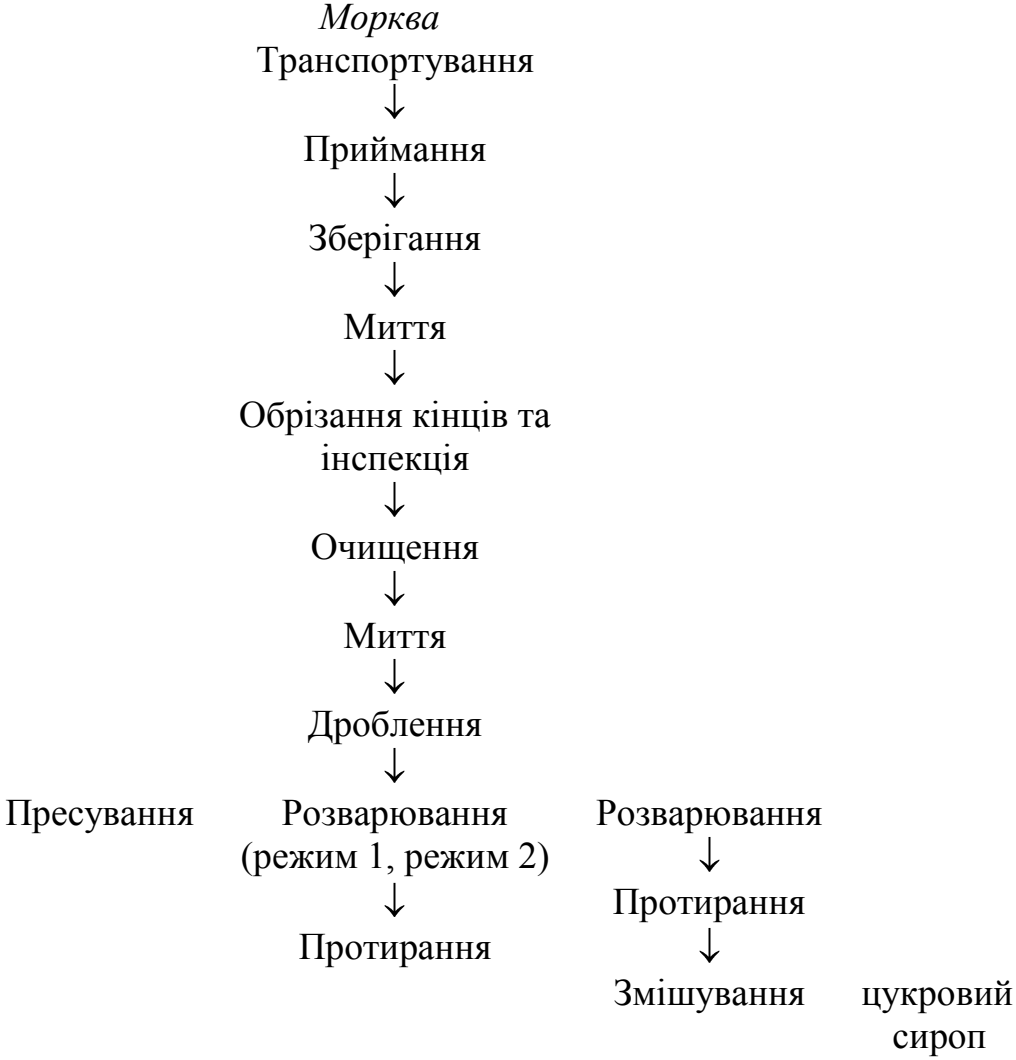


Рисунок 2.1 – Технологічна схема отримання морквяних напівфабрикатів

Для коренеплодів характерні значні втрати пігментів у процесі очищення, які в значній мірі залежать від стану сировини та умов її зберігання.

Оскільки каротин знаходиться у комплексі з біополімерами сировини, то у неосвітлених соках каротину дуже мало. Щоб збагатити такий продукт каротином, можна увести до його складу водорозчинний каротиновий концентрат. Одержання такого концентрату основане на здатності каротину утворювати комплекс з білками. Це реалізовано в технології отримання β-каротинового концентрату із моркви методом теплового удару. Установлено, що при утворенні каротинових комплексів на гідрофільному олігомерному білку (курячого яйця та соєвого концентрату), механізм міжмолекулярної взаємодії дозволяє повніше зв'язати каротин та підвищити розчинність комплексу у водній фазі порівняно з природним на 65...85 % .

Встановлена антиоксидантна активність β-каротину та інших каротиноїдів. Це пояснює такі їх функції як запобігання онкологічним і віковим ушкодженням клітин організмів, запобігання радіаційним ушкодженням, серцево-судинним захворюванням тощо.

Відомо, наприклад, що засвоєння каротиноїдів відбувається в декілька етапів: мікронізація та емульгування в шлунково-кишковому тракті; всмоктування в тонкому кишечнику; часткова біоконверсія β-каротину у ретинол (вітамін А); транспорт β-каротину через лімфатичну систему в печінку, а потім у кров і розподіл по тканинах і органах. Доведено, що біодоступність β-каротину з фруктів, овочів, соків невисока порівняно із чистим препаратом β-каротину. Наприклад, біодоступність β-каротину з моркви складає 10-20 %, з буряка – 0,1 % від біодоступності чистого β-каротину. Це пояснюється тим, що каротиноїди в рослинах знаходяться у комплексі з білками, що ускладнює їх вивільнення.

Є декілька прийомів підвищення ступеня засвоюваності каротиноїдів [14]. Для руйнування клітинних стінок рослин і зв'язків каротиноїдів з білками необхідне попереднє оброблення рослинної сировини – подрібнення, пропарювання або бланшування при помірних температурах, щоб уникнути ізомеризації каротиноїдів і втрати ними біологічної активності. При використанні препаратів або біодобавок на основі чистого β-каротину у вигляді олійних розчинів або суспензій з розміром часток 2…3 мкм можна також досягти високого ступеню засвоєння каротиноїдів. Каротини як ліпофільні сполуки ефективно засвоюються у вигляді емульсії. Загалом, важливим чинником для засвоєння каротиноїдів організмом є наявність жирового середовища. Встановлено, що кількість каротину, який засвоюється з сирої моркви при раціоні харчування, позбавленого жирів, не перевищує 1 %, а з вареної моркви засвоюється майже 19 % каротину (оскільки при нагріванні збільшується вміст біодоступного β-каротину), слід зазначити, що β-каротин досить стійкий

про 130-150 °С; при додаванні олії ступінь засвоєння каротинів зростає до 30…40 %. Таким чином, жири, стимулюючи жовчовиділення та утворення ліпідних міцел, підвищують біодоступність β-каротину, тому корисність водорозчинних форм каротиноїдів проблематична. Загалом, спеціальні дослідження показали, що біодоступність β-каротину на тлі високо жирового раціону (понад 60 г жиру на день) вдвічі більша, ніж при низько жировому харчуванні. Разом з тим встановлено, що на біодоступність каротиноїдів негативний вплив справляють також сполуки, здатні зв'язувати жовчні кислоти або руйнувати структуру міцел. Це, передусім, алкогольні напої, пектини, рослинні волокна. Є дані, що добавка до раціону харчування 7 % рослинних волокон призводить до зниження біодоступності β-каротину на 20…30 %. Здатність пектинових речовин знижувати біодоступність β-каротину безпосередньо залежить від ступеню їх естерифікації. Високометоксильовані пектини (цитрусовий або яблучний), більш ніж на 50 % зменшують засвоєння β-каротину. Водночас низькометоксильовані пектини (2 % метоксильних груп) на ступінь біодоступності β-каротину не впливають. Таким чином, при збагаченні харчових продуктів вітамінами – антиоксидантами недоцільно вводити в одне й те ж харчове середовище β- каротин, рослинні волокна і високометоксильовані пектини. З іншого боку, згідно літературних джерел, введення аскорбінової кислоти у продукти, які містять β-каротин, сприяє його збереження під час технологічної обробки.

2.3 Експериментальна частина

Обладнання та реактиви: терткова дробарка, марля, сито, друшляк, конічні колби на 100 $см^3$, великі хімічні пробірки, міксер, ділильні лійки. штативи, фільтр «червона стрічка», КФК-3, морква 1 кг, яєчний білок, аскорбінова кислота, винна кислота, лимонна кислота, вітамін Е, цукор, суміш гексану та ацетону (1:1) або петролейного ефіру і ацетону (2:1) або чистий ацетон чи хлороформ 0,5 $м^3$.

Підготувати сировину – моркву – до переробки. Для цього її необхідно помити, проінспектувати, обрізати кінці, очистити, знову помити, подрібнити на тертковій дробарці і поділити на дві порції.

З однієї частини отримати на лабораторному пресі сік. Другу порцію моркви розварити, протерти і отримати пюре.

2.3.1 Вивчення впливу температури, тривалості пастеризації та харчових добавок на вміст β-каротину у морквяному соку

Отриманий морквяний сік піддають технологічній обробці. Відбирають зразки соку по 10 $см^3$. *Зразок 1* нагрівають при температурі 80°С протягом 15 хв.; *зразок 2* нагрівають при температурі 90°С протягом 15 хв.; *зразок 3* нагрівають при температурі 100°С протягом 15 хв.; *зразок*

4 нагрівають при температурі 90°С протягом 30 хв.; *у зразок 5* додають 1% винної кислоти і нагрівають при температурі 90°С протягом 15 хв.; *у зразок 6* додають 1 % лимонної кислоти і нагрівають при температурі 90°С протягом 15 хв.; у *зразок 7* додають 1% аскорбінової кислоти і нагрівають при температурі 90°С протягом 15 хв.; *у зразок 8* додають 1% соку лимону і нагрівають при температурі 90°С протягом 15 хв.; зразок 9 – контрольний.

Екстрагують каротин із отриманих охолоджених зразків соку за допомогою гексану. Для цього відбирають 1 г соку, вміщують його у колбу на 100 $см^3$, додають 30 $см^3$ гексану та інтенсивно збовтують, якщо сік повністю не знебарвився, то додають ще розчинника. Але до кожного аналізованого зразка потрібно додавати однакову кількість розчинника. Екстракт фільтрують через фільтр «червона стрічка».

Шар гексану з екстрагованим β-каротином відділяють на ділильній лійці або шляхом декантації і зразу фотометрують по відношенню до розчинника при довжині хвилі 450 нм на КФК-3 (оптична щільність повинна бути у межах 0,1-0,9).

Масову частку бета-каротину в мг на 100 г продукту обчислюють за формулою [13]:

$$W = (10 \cdot Д \cdot V \cdot 100)/(E_{1\,см}^{1\%} \cdot а),$$

де 10 – вміст каротину в 1 куб. см 1% розчину, мг;

Д – оптична щільність досліджуваного розчину;

V– об'єм гексану, витрачений на екстракцію, куб. см;

100 – перерахунок на 100 г продукту;

$E_{1\,см}^{1\%} = 2773$ – питомий показник поглинання β-каротина при довжині хвилі 450 нм;

а – наважка, г

Дані результатів досліджень звести у таблицю 2.1. Побудувати графічні залежності вмісту β-каротину від температури.

Таблиця 2.1 – Вміст β-каротину у досліджених зразках морквяного соку

Показник	Зразок соку							
	№1	№ 2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Технологічний режим								
Оптична щільність, D при 450 нм								
Вміст β-каротину у мг на 100 г продукту								

2.3.2 Отримання β-каротинового концентрату та збагачення ним морквяного пюре

З частини отриманого соку (20-30 г соку) отримати каротиновий концентрату. Для трансформування природного комплексу необхідно ввести у морквяний сік, який знаходиться на водяній бані при температурі 40 °С, білок курячого яйця – 1,2 % (при уведенні білка курячого яйця його збивають у піну, а вже потім змішують із соком) або білок соєвого концентрату – 0,6 %, нагріти до температури 70±1°С, витримати 1,8±0,5 хв для коагуляції, а потім миттєво охолодити під струменем холодної води протягом 10 хв. Після охолодження провести декантацію плазми, що відшарувалась, та відцентрифугувати коагулят протягом 10–15 хвилин при частоті обертів 8000 $с^{-1}$.

Уведення білків до морквяного соку потребує їх попередньої підготовки. Соєві білкові концентрати, які виробляє промисловість, містять від 14 до 43 % жиру, наявність якого ускладнює утворення комплексів. Для знежирення соєвого білка його заливають діетиловим ефіром у співвідношенні 1:3 і витримують до повного знежирення. Після декантації та висушування соєвого білка його можна ввести у морквяний сік двома способами. При першому: змішати з водою у співвідношенні 1:2:3, витримати 2...4 години. Колоїдну суміш увести в сік при постійному перемішуванні. За іншим способом уводять сухий знежирений білок безпосередньо у сік при постійному перемішуванні.

Отриманим концентратом (коагулят) збагачують морквяне пюре (або різні продукти за різними рецептурами, вказаними викладачем). Відбирають зразки морквяного пюре по 10 або 20 г. *Зразок 1* – морквяне пюре не збагачене концентратом нагрівають протягом 30 хв. при температурі 85°С, *зразок 2* – морквяне пюре, не збагачене концентратом нагрівають протягом 15 хв. при температурі 120°С, *зразок 3* – морквяне пюре збагачене концентратом (концентрату додають 10% від маси пюре) нагрівають протягом 30 хв. при температурі 85°С, зразок 4 – морквяне пюре, збагачене концентратом нагрівають протягом 15 хв. при температурі 120°С. Отримують витяжку каротину із попередньо зважених проб морквяного пюре (1 г) і визначають оптичну щільність та розраховують вміст β-каротину у 100 г пюре, як це описано для соку.

Отримані результати занести до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вміст β-каротину у збагаченому морквяному пюре

Показник	Продукт переробки моркви			
	№1	№2	№3	№4
Технологічний режим				
Оптична щільність при λ=450 нм				
Вміст каротину у мг на 100 г продукту				

2.4 Висновок Зробити висновок про вплив температури, часу обробки, виду харчової добавки на збереження β-каротину, вказати способи збагачення готової продукції β-каротином.

Контрольні питання

1. В чому полягає функціональність β-каротину та джерела його отримання?
2. Назвіть етапи засвоєння β-каротиноїдів в організмі людини.
3. До якого класу хімічних сполук належить β-каротин?
4. Як впливає теплова обробка на збереження β-каротину?
5. За яких умов збільшується біодоступність β-каротину?
6. Як β-каротин взаємодіє з іншими антиоксидантами, наприклад, з аскорбіновою кислотою?
7. На чому базується одержання водорозчинного каротинового концентрату?
8. Як розподіляється каротин при переробці моркви на концентрат?
9. На яких технологічних операціях при переробці коренеплодів мають місце значні втрати пігментів?
10. Які фактори знижують біодоступність каротину?

Лабораторна робота № 3

Дослідження зміни кольору пігменту бурякового соку залежно від температури та кислотності середовища

3.1 Мета: ознайомитися з властивостями бетанінів, впливом технологічних факторів на їх вміст у продуктах переробки столового буряку

3.2 Короткі теоретичні відомості

Столовий буряк та продукти його переробки містять комплекс натуральних біологічно-активних речовин, мають властивості зв`язувати та виводити з організму шкідливі для здоров`я людини сполуки, а також стимулювати імунну систему організму. У буряковий сік переходить більшість корисних компонентів буряку, що дозволяє підвищити харчову цінність ряду продуктів при використанні його як харчового барвника. Ці факти особливо важливі в умовах сьогоднішньої екологічної ситуації у світі. Тому велике значення при виробництві соку з буряку та його зберіганні має максимально можливе збереження якості сировини.

Колір буряку пов`язаний з присутністю пігменту бетаніну, який надзвичайно реакційний. Забарвлення харчових продуктів, нарівні з смаковими властивостями, є основним показником їх споживчої якості.

Тому стабілізація бетаніну в процесі технологічної переробки буряку на сік є головною умовою отримання високоякісного продукту.

Згущення бурякового соку збільшує концентрацію бетаніну та інших фізіологічно важливих речовин, підвищує збереження цих компонентів в процесі зберігання, а також поширює галузь використання бурякового соку як харчового дієтичного продукту і в медичних цілях – зовнішнє та внутрішнє. Серед методів концентрування низькотемпературне згущення є одним з пріоритетних напрямів харчової промисловості. Перспективним є розроблений в ОНАХТ метод блочного виморожування рідин.

Технологічна схема отримання напівфабрикатів з буряку наведена на рисунку 3.1.

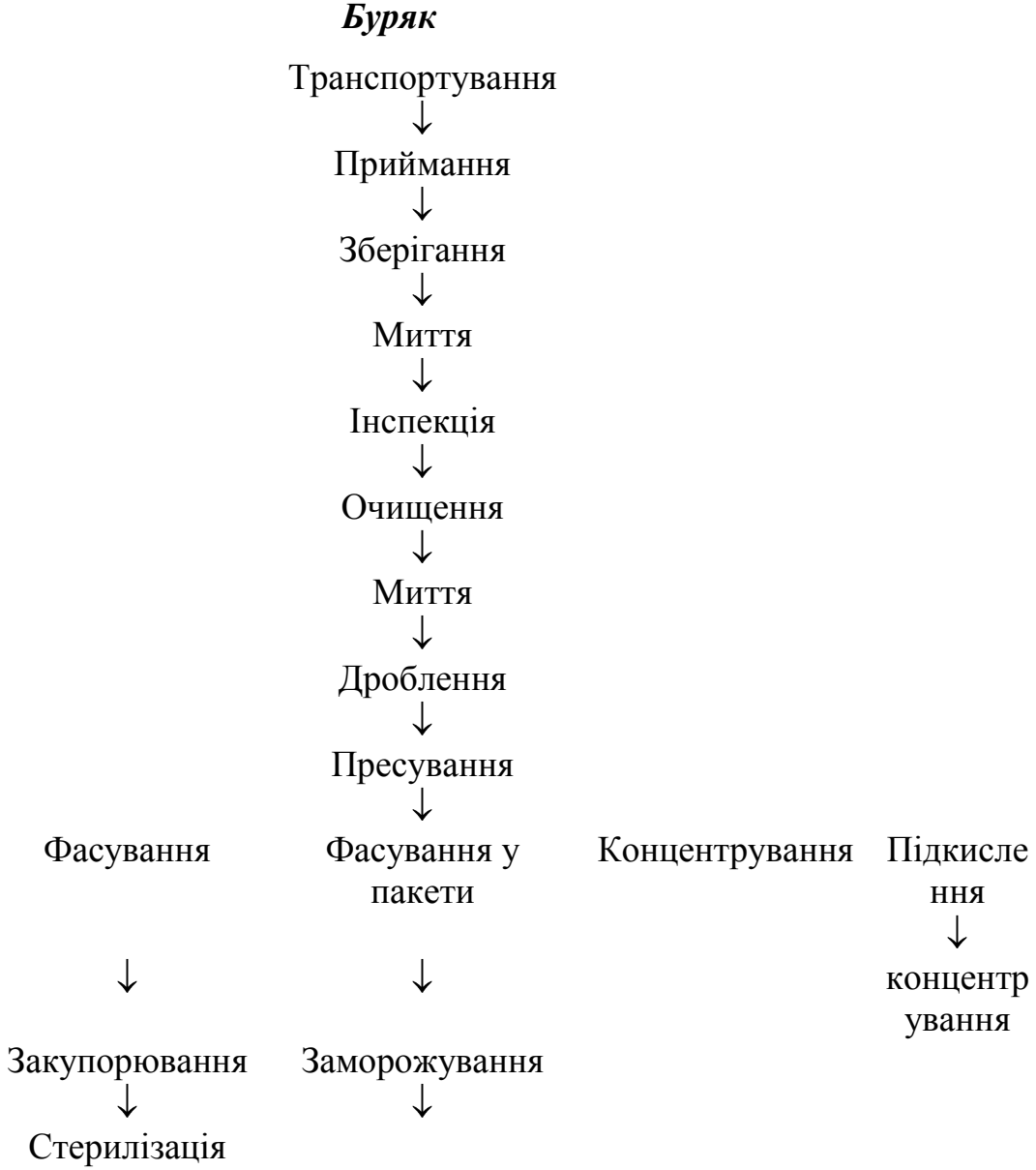


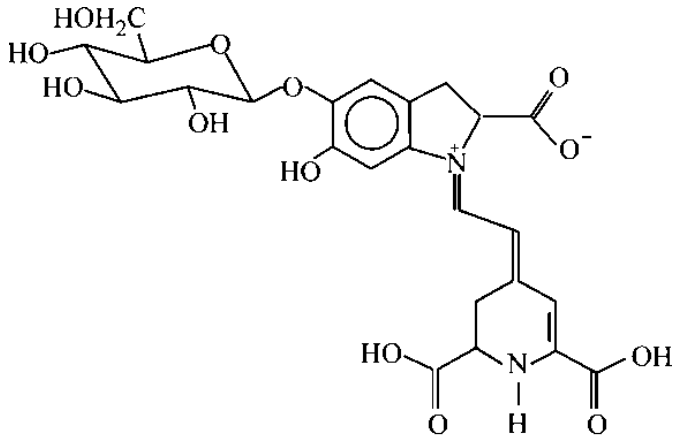
Рисунок 3.1 – Технологічна схема отримання напівфабрикатів з буряку

Стабільність бетаніну залежить від його концентрації. Концентрування до масової частки сухих речовин 30...40% дозволяє підвищити не тільки стабільність пігменту, але й вміст біологічно активних речовин у продукті. Показано переваги кріоконцентрування над випаровуванням: у 30% буряковому концентраті, одержаному випаровуванням, вміст червоних пігментів на 14% менше, ніж у 30% кріоконцентраті. Отриманий результат свідчить про деградацію барвних речовин бурякового соку в процесі випаровування. При розведенні кріоконцентрату водою до вмісту сухих речовин 10% якість отриманого продукту наближається до натурального бурякового соку.

Зміна кольору бетаніну при неферментативному процесі розпаду пов'язана з реакцією декарбоксилювання. Дослідженнями встановлено, що у зразках, в яких бетанін знаходиться у вигляді комплексів, процес декарбоксилювання не протікає.

Фенольні сполуки можуть бути використані як інгібітори процесу окиснення бетаніну. Специфіка впливу певних фенольних сполук на реакційну здатність бетаніну столового буряку була застосована для зниження окисних перетворень та збереження кольору продукту.

Структурна формула бетаніну має вигляд:



Перспективним напрямком є використання бурякового соку у якості барвника червоно-фіолоетового кольору.

3.3 Експериментальна частина

Обладнання та реактиви: терткова дробарка, марля, сито, хімічні стакани на 250 см^3, великі хімічні пробірки, КФК-3, pH-метр, мірні колби на 50 см^3 11 шт., буряк 1 кг, аскорбінова кислота, винна кислота, лимонна кислота, лимонний сік, апельсиновий сік, етиловий спирт 200см^3.

Підготувати сировину – столовий буряк – до переробки. Для цього його необхідно помити, очистити, знову помити, проінспектувати, подрібнити.

Отримати на лабораторному пресі сік. Підготувати зразки соку по 20г для аналізу. *Зразок 1* витримати при температурі 20°С, *зразок 2* – при температурі 45°С протягом 15 хв., *зразок 3* – при температурі 75°С протягом 15 хв., *зразок 4* – при температурі 90°С протягом 15 хв. До *зразку 6* додати 1% лимонної кислоти та витримати при температурі 90°С протягом 15 хв., *зразок 7* витримати при температурі 90°С протягом 15 хв., з додаванням 1% оцтової кислоти, *зразок 8* – при температурі 90°С протягом 15 хв. з додаванням 1% аскорбінової кислоти, *зразок 9* – з додаванням 1% лимонного або апельсинового соку, *зразок 10* – з додаванням 1% винної кислоти, *зразок 11* – контрольний.

Окремо приготувати по 50 $см^3$ 1% розчинів оцтової, лимонної, аскорбінової, винної кислот та лимонного або апельсинового соку. Визначити pH приготованих розчинів за допомогою pH-метру.

У зразках 1-11 визначити вміст бетаніну у барвнику на КФК-3 при довжинах хвиль 480 та 530 нм. Зразки перед фотометруванням розвести дистильованою водою у співвідношенні 1:40. Довжина хвилі 480 нм відповідає області близькій до максимуму жовтих пігментів – бетаксантанів (480 нм), а 530 нм – червоно-фіолетових пігментів – бетаціанів. Відтінок забарвлення Т та інтенсивність забарвлення І розраховувати по аналогії до визначення цих показників у соку з червоного винограду за методом [15]:

$$T = Д_{480} / Д_{530}, \qquad I = (Д480 + Д530) \cdot n ,$$

де $Д_{480}$ та $Д_{530}$ – оптичні густини розведеного бурякового барвника в області максимуму відповідно для бетаксантанів та бетаціанів в кюветі товщиною 10 мм;

n – ступінь розведення.

Дані результатів досліджень занести у таблиці 3.1; 3.2. Побудувати графічну залежність інтенсивності забарвлення від pH добавки внесеної у зразок соку.

Таблиця 3.1 – Кольороформуючі характеристики бетаніну бурякового соку залежно від температури

Відтінок забарвлення, Т								Інтенсивність забарвлення, І							
20 °С		45 °С		75 °С		90 °С		20 °С		45 °С		75 °С		90 °С	
480нм	530нм	480нм	530нм	480нм	530нм	480нм	530нм	480нм	530нм	480нм	530нм	480нм	530нм	480нм	530нм

Таблиця 3.2 – Кольороформуючі характеристики бетаніну бурякового соку залежно від використаної харчової добавки при 90 ^{o}C

Добавка	Відтінок забарвлення, Т		Інтенсивність забарвлення, І	
	480нм	530нм	480нм	530нм
Лимонна кислота				
Оцтова кислота				
Аскорбінова кислота				
Лимонний сік				
Винна кислота				

3.4 Висновок: зробити висновок про вплив температури на динаміку бетаціанів та бетаксантанів у буряковому соку, а також про стабілізуючу дію на колір бурякового соку використаних харчових добавок.

Контрольні запитання

1. Роль біологічно активних речовин столового буряку у обміні речовин організму людини.
2. В чому полягають лікувальні властивості буряку?
3. Від чого залежить стабільність бетаніну?
4. Що свідчить про деградацію барвних речовин бурякового соку в процесі випаровування?
5. Чим обумовлена зміна кольору бетаніну при неферментативному процесі розпаду?

Лабораторна робота № 4

Вплив технологічних факторів на динаміку вмісту мінеральних речовин у фруктово-ягідних, молочних продуктах або їх композиціях

4.1 Мета: визначати вміст Кальцію, Магнію, Феруму у харчових продуктах та вивчити динаміку вмісту залежно від впливу технологічних факторів.

4.2 Короткі теоретичні відомості

Мінеральні речовини в харчуванні людей відіграють не менш важливу роль, ніж білки, жири, вуглеводи і вітаміни. Останнім часом вчені відзначають дефіцит у споживанні макроелементів (кальцію, магнію) та мікроелементів (заліза). При дефіциті мінеральних речовин в організмі людини виникають різні специфічні порушення, що приводять до характерних захворювань. Велика увага приділяється збагаченню продуктів харчування магнієм, кальцієм, бромом, йодом та іншими макро-

і мікроелементами, що сприяють зміцненню кісткової тканини, нервової системи, нормалізують функцію щитовидної залози і т.д.

Існує тенденція до збільшення споживання фруктово-ягідних соків, що містять поряд з вітамінами, органічними кислотами і мінеральні компоненти, з яких переважають, в основному, калій і натрій, а кальцій, магній, йод присутні або в незначних кількостях, або зовсім відсутні, що пов'язано з технологічними процесами одержання соків, при яких мікро- і макро- компоненти, знаходячись у твердій фазі, що відокремлюється, у більшій мірі не переходять у рідку, внаслідок чого вміст їх у продукті в порівнянні з вихідною сировиною значно менший. Так, наприклад, в яблуках вміст (мг/100см^3): натрію – 26, кальцію – 16, магнію – 9, а в натуральному яблучному соку – 2,6; 12,0 і 6,0 відповідно.

Кальцій – основний структурний компонент кісток та зубів, входить до складу клітинних ядер, клітинних та тканинних рідин, є необхідним для згортання крові. Кальцій утворює сполуки з білками, фосфоліпідами, органічними кислотами; приймає участь у регуляції проникності клітинних мембран, у процесах передачі нервових імпульсів, у молекулярному механізмі м'язових скорочень, контролює активність ряду ферментів. Таким чином, кальцій виконує не тільки пластичні функції, але й впливає на численні біохімічні та фізіологічні процеси в організмі. Кальцій відноситься до важкозасвоюваних елементів. Сполуки кальцію, що потрапляють у організм людини, практично не розчинні у воді. Лужне середовище тонкої кишки сприяє утворенню важко засвоюваних сполук кальцію, і лише під впливом жовчних кислот вони всмоктуються. Асиміляція кальцію тканинами залежить від вмісту його у продуктах, співвідношення з іншими компонентами їжі, в першу чергу з жирами, магнієм, фосфором, білками. При надлишку жирних кислот виникає конкуренція за жовчні кислоти і значна частка кальцію виводиться з організму через товстий кишечник. На всмоктування кальцію негативно впливає і надлишок магнію; рекомендоване співвідношення цих компонентів складає 1 : 0,5.

Якщо кількість фосфору перевищує рівень кальцію у їжі у 2 рази, то утворюються розчинні солі, які витягаються кров'ю з кісток. Кальцій потрапляє у стінки кровоносних судин, що обумовлює їх ламкість, а також у тканини нирок, що може сприяти виникненню нирково-кам'яної хвороби. Для дорослих рекомендовано співвідношення кальцію і фосфору в їжі 1 : 1,5. Цього важко дотримуватися, тому що більшість продуктів, які споживаються, містять більше фосфору, ніж кальцію. Негативний вплив на засвоєння кальцію мають фітин та щавлева кислота, яка міститься у ряді продуктів і утворює з кальцієм нерозчинні солі. Добова потреба у кальції для дорослої людини 800 мг, а для дітей та підлітків 1000 і більше. Остеопороз, скривлення скелету, рахіт виникають через брак кальцію. Джерелом кальцію є молоко та молочні продукти, сир, зелена цибуля,

петрушка, квасоля. У яйцях, м'ясі, рибі, овочах, фруктах міститься значно менше кальцію.

Магній є необхідним для низки ключових ферментів, що забезпечують метаболізм організму. Магній приймає участь у підтримці нормального функціонування нервової системи, м'язів серця; стимулює жовчовиділення; підвищує моторику кишечника, що сприяє виведенню шлаків з організму (у тому числі холестерину). Добова потреба у магнії точно не визначена; однак вважають, що 200...300 мг на добу є недостатнім (вважають, що всмоктується лише 30 %). Відомі випадки природженої недостатності всмоктування магнію із кишечника, що вказує на наявність специфічного механізму всмоктування цього іона. Брак магнію в організмі призводить до порушень у засвоєнні їжі, затримки росту, у стінках судин відкладається кальцій, йде розвиток різних патологічних явищ. На магній багаті в основному рослинні продукти, висівки пшениці, крупи, бобові, урюк, курага, чорнослив. Мало магнію у молочних продуктах, м'ясі, рибі, макаронних виробах, більшості овочів та фруктів.

Ферум є необхідним для біосинтезу сполук, що забезпечують дихання, утворення крові; приймає участь у імунобіологічних та окисно–відновних реакціях; входить до складу цитоплазми, клітинних ядер та ряду ферментів.

Асиміляції Феруму перешкоджає щавлева кислота, фітин. Для засвоєння цього нутрієнта є необхідним вітамін B_{12}. Засвоєнню заліза необхідна аскорбінова кислота, оскільки Ферум всмоктується у виді двовалентного іона.

Брак Феруму в організмі може призвести до розвитку анемії, порушення газообміну, клітинного дихання, тобто фундаментальних процесів життєзабезпечення.. Розвитку залізодефіцитних станів сприяє: недостатнє надходження заліза у засвоюваній формі в організм; зниження секреторної функції шлунку, дефіцит вітамінів (особливо B_{12}, фолієвої, аскорбінової кислот) та захворювання, що викликають втрату крові.

Потреба дорослої людини у залізі (14 мг на добу) з надлишком задовольняється звичайним раціоном. Однак при використанні у їжі хліба з муки тонкого помелу, яка містить мало заліза та багата на фосфати та фітин, часто спостерігається дефіцит заліза.

Ферум є поширеним елементом. Міститься у субпродуктах, м'ясі, яйцях, квасолі, овочах, ягодах. Однак у легкозасвоюваній формі воно міститься лише у м'ясних продуктах, печінці, (до 2000 мг на 100 г продукту), яєчному жовтку.

Збільшити концентрацію мінеральних речовин можливо за рахунок їхнього додаткового внесення у продукт.

4.3 Експериментальна частина

***Обладнання та реактиви*:** терткова дробарка, марля, сито, хімічні стакани на 250 $см^3$, великі хімічні пробірки, технічні терези; мірні колби на

100 $см^3$, конічні колби місткістю 250-300 $см^3$ (6 шт.); мірні циліндри 10 и 100 $см^3$; установки для титрування (4 шт.); колби на 50 $см^3$ 8 (шт.); стаканчики на 50$см^3$ (6 шт.);

– **розчин о-фенантроліну**: 0,280 г ±0,01 г моногідрату орто-фенантроліну *($C_{12}H_8N_2H_2O$)* переносять у 100 $см^3$ мірну колбу, розчиняють у дистильованій воді і об'єм доводять до позначки. Розчин зберігають у темній склянці, на холоді;

– **10%-й розчин солянокислого гідроксиламіну**: 10 г + 0,1 г солянокислого гідроксиламіну розчиняють у дистильованій воді і об'єм доводять до 100 $см^3$;

– **буферний розчин:** 250 г і 0,1 г оцтовокислого амонію розчиняють у 150 $см^3$ дистильованої води. Додають 70,0 $см^3$оцтової кислоти і доводять об'єм до 1 $дм^3$ дистильованою водою;

– **основний розчин** для градуювання солі феруму готують одним з приведених варіантів. *Перший варіант.* 5 $см^3$ стандартного зразка з атестованим вмістом йонів феруму 1 мг/$дм^3$ вносять у 50 $см^3$ мірну колбу, доводять об'єм нітратною кислотою до позначки, 1 $см^3$ розчину містить 0,1 мг йонів феруму. Розчин можна зберігати один місяць.

Другий варіант. 0,8634 залізоамонійного галуну розчиняють у дистильованій воді, додають 2 $см^3$ соляної кислоти густиною 1,19г/$дм^3$ і розводять дистильованою водою до 1 $дм^3$. 1 $см^3$ розчину містить 0,1 мг йонів феруму.

– **робочий розчин** солі феруму (для градуювання) готують у день проведення аналізу розведенням основного розчину у 10 разів. 1 $см^3$ розчину містить 0,010 мг йонів феруму.

– **0,1%-ний розчин** гідрохлориду орто-фенантроліну готуютьз 0,1 г ± 0,01 г цієї речовини, розчиненої у 100 $см^3$ дистильованої води. Реактив зберігають у темній склянці з притертою пробкою, на холоді.

0,1н розчин трилону Б; 0,1н розчин $MgSO_4$; аміачний буферний розчин pH 9,25; індикатор – хром темно-синій (суха суміш з натрій хлоридом 1:100), 0,1 н розчин $Ca(CH_3COO)_2$, індикатор мурексид (суха суміш з натрій хлоридом 1:20), 2н NaOH.

Варіант 1

Підготувати сировину – яблука – до переробки. Для цього яблука необхідно відсортувати, помити, проінспектувати, подрібнити на тертковій дробарці і вилучити сік на лабораторному пресі. Відібрати зразки соку по 60 $см^3$.

Зразок 1 соку витримати при температурі 85^0С 15 хв., *зразок 2* соку витримати при температурі 85^0С 30 хв., *зразок 3* соку прокип'ятити протягом 10 хв, *зразок 4* – контрольний. Зразки соку центрифугують.

В отриманих прозорих зразках соку визначити масову частку кальцію, магнію, заліза.

Варіант 2

Приготувати зразки молока по 50-60 $см^3$. *Зразок 1* – молоко сире домашнє; *зразок 2* – молоко пастеризоване фасоване, *зразок 3* – молоко домашнє кип'ячене, *зразок 4* – молоко пастеризоване фасоване кип'ячене, *зразок 5* – сироватка отримана з домашнього молока, *зразок 6* – сироватка отримана з пастеризованого молока. Можна дослідити пастеризоване молоко різних виробників. В отриманих зразках визначити масову частку кальцію та магнію.

4.3.1 Комплексометричне визначення Кальцію і Магнію зворотним титруванням

Зворотне титрування застосовують, якщо комплексоутворення йде з деяким запізненням або кольорові комплекси розкладаються дуже повільно, як, наприклад, для випадку кольорових комплексів еріохрому чорного з магнієм.

При аналізі соків, що містять незначну кількість кальцієвих солей, наважку соку можна збільшити до 50 г. У деяких продуктах через присутність в них солей міді та заліза не виходить чіткого переходу забарвлення індикатору. У такому випадку у цьому методі, перед титруванням в колбу додають 1 $см^3$ 1,5-2,0% розчину сульфіду натрію (Na_2S).

Принцип методу аналізу заснований на додаванні до досліджуваного розчину великої кількості розчину трилону Б для комплексоутворення з подальшим відтитровуванням його надлишку розчином магнію сульфату в присутності індикатора хром темно-синій (еріохром чорний).

50 г соку (5 г молока) переносять у мірну колбу на 100 $см^3$ доводять дистильованою водою до мітки, переливають розчин у конічну колбу місткістю 250-300 $см^3$, додають 5 $см^3$ аміачного буферного розчину (при дослідженні соку буфера треба додати стільки, щоб середовище стало лужним), 5 $см^3$ розчину трилону Б і 20-30 мг еріохрому чорного як індикатору (індикатор обов'язково додають останнім).

Надлишок трилону Б відтитровують розчином магнію сульфату до винно-червоного забарвлення. Потім з бюретки додають в колбу трилон Б каплями до відновлення стійкого синього забарвлення. Вимірюють загальний обсяг трилону Б, доданий в ході аналізу.

Об'єм розчину трилону, який вступив в реакцію з Кальцієм і Магнієм визначають за формулою:

$$V_T = V_{Tзаг.} - V_{MgSO4},$$

де V_T – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Кальцієм і Магнієм, $см^3$;

$V_{Tзаг.}$ – загальний об'єм трилону Б витрачений під час аналізу, $см^3$;

V_{MgSO4} – об'єм магній сульфату, витрачений на титрування, $см^3$.

4.3.2. Комплексометричне визначення кальцію

50 г соку (5 г молока) переносять у мірну колбу на 100 $см^3$, доводять до мітки дистильованою водою, переносять в конічну колбу місткістю 250-300 $см^3$, додають 5 $см^3$ 2н натрій гідроксиду, з бюретки додають 3,5 $см^3$ трилону Б і залишають на 2 хв. Потім додають на кінчику шпателя (можна зважити 10-20 мг) мурексид до бузкового забарвлення. Титрують отриманий розчин $Ca(CH_3COO)_2$ до рожевого забарвлення. Вимірюють обсяг кальцій ацетату, який пішов на титрування. Потім з бюретки додають в колбу трилон Б каплями до відновлення стійкого бузкового забарвлення. Вимірюють загальний обсяг трилону Б, доданий в ході аналізу.

Об'єм розчину трилону, який вступив в реакцію з Кальцієм визначають за формулою:

$$V_{T1} = V_{Tзаг.} - V_{Ca(CH3COOH)2},$$

де V_{T1} – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Кальцієм, $см^3$;

$V_{Tзаг.}$ – загальний об'єм трилону Б витрачений під час аналізу, $см^3$;

$V_{Ca(CH3COOH)2}$ – об'єм кальцій ацетату, витрачений на титрування, $см^3$.

Розраховують вміст Кальцію у 100 г продукту:

$$m_{Ca} = [(V_{T1} \cdot C_T \cdot M_{eCa})/m] \cdot 100,$$

де V_{T1} – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Кальцієм, $см^3$;

C_T – нормальність трилону Б;

M_{eCa} – маса еквівалентна Кальцію, г/моль;

m – маса соку (молока), яку використали для аналізу, г;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г продукту.

Розраховують вміст Магнію у пробі:

Об'єм розчину трилону, який вступив в реакцію з Магнієм визначають за формулою:

$$V_{T2} = V_T - V_{T1},$$

де V_{T2} – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Магнієм, $см^3$;

V_{T1} – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Кальцієм, $см^3$;

V_T – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Кальцієм і Магнієм, $см^3$.

Вміст Магнію у 100 г продукту розраховують за формулою:

$$m_{Mg} = [(V_{T2} \cdot C_T \cdot M_{eMg})/m] \cdot 100,$$

де V_{T2} – об'єм трилону Б, який вступив у реакцію з Магнієм, $см^3$;

C_T – нормальність трилону Б;

M_{eMg} – маса еквівалентна Магнію, г/моль;

m – маса соку (молока), яку використали для аналізу, г;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г продукту.

Результати розрахунку занести до таблиці 4.1.

4.3.3 Визначення вмісту Феруму у пробі

Приготування розчинів для побудови градуювального графіка

У мірні 50 $см^3$ колби вносять 0,00; 0,10; 0,50; 1,00; 2,00; 5,00; 7,50; 10,00 $см^3$ робочого (для градуювання) розчину солі Феруму, додають по 2 $см^3$ розчину о-фенантроліну, 10 $см^3$ ацетатно-амонійного буферу, доводять до позначки дистильованою водою і через 10-15 хв. вимірюють світлопоглинання при 510 нм, або зі відповідним світлофільтром у кюветах 10 або 50 мм проти дистильованої води. Кювети після попереднього аналізу промивають етиловим спиртом і обполіскують дистильованою водою; за необхідності обробляють хромовою сумішшю і ретельно обполіскують дистильованою водою.

Побудова градуювального графіка

Вимірюють оптичну густину градуювальних розчинів і холостої проби за допомогою фотоелектроколориметра, підготовленого відповідно до вимог у паспорті, з використанням довжини хвилі 510 нм для КФК-3 або світлофільтру 440 нм для КФК-2 (розчин порівняння – вода без аміачна). Для кожного значення масової концентрацій виконують по п’ять паралельних вимірювань оптичної густини відповідно до кількості градуювальних розчинів у серії.

При побудові графіка від заміряного значення віднімають значення оптичної густини холостого розчину (цей розчин майже завжди слабо забарвлений, бо навіть дуже чисті реактиви часто-густо містять домішки йонів Феруму).

Градуювальний графік будують у координатах: **оптична густина – вміст йонів Феруму, мг,** з урахуванням поправки на холосту пробу. Вміст Феруму перераховують, прийнявши до відома, що 1 $см^3$ робочого розчину містить 0,010 мг Феруму.

Виконання вимірювань проби соку (молока)

Відбирають 30 $см^3$ профільтрованої проби соку (молока), що аналізують (зважують пробу), або менший об'єм у залежності від припущення вмісту йонів Феруму. Пробу, попередньо зважують, проводять пробопідготовку, приливають 1 $см^3$ 10%-го розчину гідрохлориду гідроксиламіну і кип'ятять до зменшення об'єму приблизно на половину. Пробу охолоджують і, при необхідності, фільтрують, вносять у 50 $см^3$ мірну колбу. Додають 10 $см^3$ ацетатно-амонійного буферного розчину та 2 $см^3$ розчину о-фенантроліну і доводять до позначки дистильованою водою. Якщо проба перед додаванням буфера була дуже кисла, то після додавання треба перевірити *pH* і при необхідності довести концентрованим аміаком водним до *pH~2,0.*

Ретельно перемішують і залишають на 10-15 хвилин до повного розвитку забарвлення.

Оптичну густину отриманого розчину замірюють при 510 нм у кюветі 10 або 50 мм проти дистильованої води. За градуювальним графіком визначають вміст Феруму у взятій пробі соку (молока), а потім перераховують на вміст у 100 г продукту.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика досліджених зразків

Мінеральні елементи	Зразок продукту					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Технологічний режим						
Кальцій, мг/100г						
Магній, мг/100г						
Ферум, мг/100г						

4.4 Висновок: зробити висновок про вплив технологічної обробки досліджуваного продукту на збереження у ньому мінеральних речовин.

Контрольні питання

1. Яку роль в харчування людини відіграють мінеральні речовини?
2. Роль кальцію в організмі людини.
3. Яку роль відіграє магній для нормального функціонування організму людини?
4. Роль Феруму в обміні речовин в організмі людини.
5. Які операції технологічного процесу отримання або переробки соків (молока) впливають на вміст мінеральних речовин?
6. В чому полягає метод зворотного комплексометричного титрування?
7. Який метод можна використати для визначення вмісту Кальцію у молоці?
8. Який метод можна використати для визначення вмісту Феруму у молоці?
9. Який індикатор застосовується у комплексометричному титрування для визначення вмісту Кальцію?
10. Яка речовина утворює комплексні сполуки з Кальцієм та Магнієм у комплексометричному визначенні?

Рекомендована література

1. Дуденко Н.В., Павлоцька Л.Ф. Фізіологія харчування. Харків: НВФ “Студцентр”, 1999. – 392 с.
2. Дудкин М.С., Щелкунов, А.Ф. Новые продукты питания. М.: МАИК “Наука”, 1998. – 248 с.
3. Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г. Функціональні продукти Одеса, 2003. – 290 с.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія продуктів оздоровчого призначення» для бакалаврів 6.051701 денної та заочної форм навчання /Укладачі Л.М. Тележенко, І.Р. Біленька, Ю.О. Козонова, Н.А. Буланцева.– Одеса:ОНАХТ, 2009 – 30с.
5. Скурихин И.М., Нечаев А. Все о пище с точки зрения химика М.: Высш. шк., 1991. – 320 с.
6. Смоляр В.И. Рациональное питание К.: Наукова думка, 1991.
7. Смоляр В.І. Фізіологія та гігієна харчування. К.: Здоров”я, 2000.– 336 с.
8. Тихомирова Н.А. Технология продуктов функционального питания М: ООО”Франтэра”, 2002. – 212 с.
9. Пересічний М.І., Кравченко М.Ф., Карпенко П.О. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок. – К.: КНТЕУ, 2003. – 322 с.
10. Толбатов Ю.А. Математична статистика та задачі оптимізації в алгоритмах і програмах: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 1994. – 256 с.
11. Шумило Г.І. Технологія приготування їжі: Навч. посіб. – К.: Кондор, 2008. – 506 с.
12. Пересічний М.І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: Монографія / М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, Д.В. Федор та ін. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. – 718 с.
13. Первушкин С.В., Маркова И.И., Куркин В.А., Желонкин Н.Н. / Разработка методик количественного определения содержания β-каротина и фикоцианина в биомассе спирулины пищевой (spirulina platensis) //Фармацевтические науки. Фундаментальніе исследования. – №8, 2013.–С.1426-1429.
14. Сімахіна Г. О. Функціональна роль каротиноїдів та особливості їх використання у харчових технологіях / Г. О. Сімахіна // Наукові праці НУХТ. - 2010. - № 33. - С. 45-48.
15. Валуйко Г.Г. Биохимия и технология красных вин. М.: Пищевая промышленность. – 1973. – 295 с.