



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА БІЗНЕСУ

*Кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока
та інновацій в оздоровчому харчуванні*

ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
*спеціалізації «Харчові технології продуктів
з рослинної сировини та молока
для підприємств харчового бізнесу»*



Харків 2021

Холодильна технологія: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» спеціалізації «Харчові технології продуктів з рослинної сировини та молока для підприємств харчового бізнесу». / укл.: Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Пономаренко Т.С., Погарський О.С., Лосєва С.М. – Х.: Форт, 2021. – 44 с.

Укладачі:

ПАВЛЮК Р.Ю., д.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України,
лауреат Держпремії України в галузі науки і техніки

ПОГАРСЬКА В.В., д.т.н., проф., лауреат Держпремії України в галузі
науки і техніки

ПОНОМАРЕНКО Т.С., ст. викл.

ПОГАРСЬКИЙ О.С., к.т.н., доц.

ЛОСЄВА С.М., доц.

Рецензент: БЕРЕСТОВА А.А., к.т.н., доц.

Кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні

Схвалено науково - методичною комісією Навчально – наукового інституту харчових технологій та бізнесу ХДУХТ.

Протокол від «17» грудня 2020 р. № 1

Затверджено Вченою радою ХДУХТ

Протокол від «19» лютого 2021 р. № 9

© Павлюк Р.Ю., Погарська В.В.,
Пономаренко Т.С., Погарський О.С.,
Лосєва С.М., укладачі, 2021

©Харківський державний університет харчування і торгівлі, 2021

ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: «Вивчення тривалості та швидкості процесу заморожування харчових продуктів до різних кінцевих температур на вміст БАР»

Мета заняття: Вивчити тривалість та швидкості процесу заморожування харчових продуктів до різних кінцевих температур (-18°C, -35...-40°C) та вплив заморожування на вміст БАР.

Питання до самоперевірки:

1. Які існують способи заморожування продуктів?
2. У чому виявляється технологічна незворотність процесу заморожування?
3. Чим пояснюється перерозподіл вологи в продуктах при їх заморожуванні?
4. Які причини витікання соку при розморожуванні продуктів?
5. Які фактори впливають на вологоутримуючу здатність продукту?
6. Як проводять заморожування та розморожування плодів та овочів?

Теоретичне обґрунтування роботи

При заморожуванні виявляються переміщення вологи по обсязі продукту, істотні порушення гістологічної структури й дії ферментативних систем, що входять до складу продукту, а також ряд інших процесів, не спостережуваних звичайно при охолодженні й зберіганні продуктів в охолодженому й підмороженому станах.

Заморожування ягід, плодів і овочів – це один із найбільш досконалих методів консервування. При правильному зберіганні замороженої сировини добре зберігаються поживні властивості, а також С-вітамінна активність. Заморожені ягоди, плоди і овочі використовують в дієтичному і лікувальному харчуванні. Висока якість замороженої продукції досягається використанням сортової сировини необхідної зрілості, найбільш оптимальним режимом холодильної обробки, застосуванням раціональної тари.

Встановлено, що плоди і овочі, заморожені при температурі -18°C, навіть через 9-12 місяців містять значну кількість вітаміну С, втрати якого протягом цього часу не перевищують 10-15%. В заморожених плодах і овочах вітаміну С дещо менше, ніж в свіжих, але значно більше ніж в консервованих при високих температурах. Крім того, смакові якості заморожених плодів і овочів кращі, а поживна цінність вища, ніж стерилізованих.

ЗАВДАННЯ 1

Визначити вміст сухих речовин в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини

Вміст вологи в сировині контролюється методом прискореного висушування (ГОСТ 24027.2-80). Метод ґрунтується на визначенні втрати маси дослідного зразку за рахунок віддачі гігроскопічної вологи та летких речовин під час висушування сировини при 130 °С. Чистий бюкс сушать протягом 30 хвилин у сушильній шафі при температурі 130 °С, охолоджують в ексикаторі та зважують. З аналітичної проби у висушений бюкс беруть наважку масою 5 г з похибкою не більше ±0,01 г. Відкритий бюкс з наважкою разом з кришкою бюкса поміщають до сушильної шафи і сушать при температурі 130±2 °С протягом 50-60 хвилин.

Після висушування наважки бюксу виймають із сушильної шафи тигельними щипцями, закривають кришкою, охолоджують в ексикаторі і зважують з похибкою ±0,01 г.

Обробка результатів.

Масову частку вологи (X) у відсотках розраховують за формулою:

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M}$$

де M – маса наважки, г;

M₁ – маса бюкси з наважкою до висушування, г;

M₂ – маса бюкси з наважкою після висушування, г.

Після визначення вологи можна розрахувати масову частку загальних сухих речовин (X₁) у відсотках за формулою

$$X_1 = 100 - X$$

де X – масова частка вологи, %.

Одержані результати занотовуються до робочого зошиту за такою формою запису:

№ з/п	Вид сировини	Маса бюкси, г	Маса наважки, г	Маса бюкси з наважкою до висушування, г	Маса бюкси з наважкою після висушування, г	Масова частка вологи, %
1	2	3	4	5	6	7

ЗАВДАННЯ 2

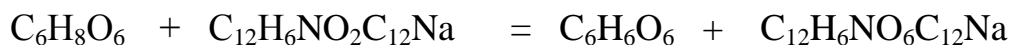
Визначити вміст аскорбінової кислоти в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини

Принцип методу. Масову частку вітаміну С визначають за допомогою титриметричного методу.

В рослинній сировині вітамін С або аскорбінова кислота зустрічається у трьох формах: L-аскорбінова кислота, дегідроаскорбінова та зв'язана аскорбінова

кислота. L-аскорбінова кислота становить 95 % загального вмісту аскорбінової кислоти і має С-вітамінну активність.

Метод ґрунтується на окисно - установчій реакції, що протікає між аскорбіновою кислотою та індикатором 2,6-дихлорфеноліндофенолом (реактивом Тільманса). Під час титрування кислотної витяжки розчином індикатора аскорбінова кислота окислюється в дегідроаскорбінову кислоту, а індикатор, відновлюючись, переходить у безбарвну форму. Титрована рідина залишається безбарвною до того часу, доки не закінчиться окислення аскорбінової кислоти. Перша крапля надлишку індикатора надає їй блідо-рожевого забарвлення



Аскорбінова кислота	2,6 – дихлорфе- ноліндофенол	Дегідроас- корбінова кислота	Лейкоформа 2,5 дихлорфеноліндофенол
------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--

Метод визначення титру 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію

1. Для приготування розчину аскорбінової кислоти концентрацією 1,0 г/дм³ зважують 0,1000 аскорбінової кислоти с погрішністю не більш $\pm 0,0001$ г, розчиняють в екстрагуючому розчині у мірній колбі місткістю 100 см³, доводять до мітки тим же розчином і перемішують

2. Приготування розчину 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію і визначення його титру.

0,05 г 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію розчиняють приблизно у 150 см³ гарячої води, яку передчасно кип'ятять протягом 30 хв та охолоджують до кімнатної температури, доводячи її об'єм до 200 см³ тією ж охолодженою водою, перемішують і фільтрують у темну склянку. Розчин зберігають в холодильнику не більш 10 днів.

Титр розчину 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію встановлюють за стандартним розчином аскорбінової кислоти концентрацією 1,0 або 0,1 г/дм³ у день проведення випробування. Для цього у дві колби місткістю 50 або 100 см³, в які передчасно додають по 9 см³ води, додають піпеткою по 1 см³ аскорбінової кислоти і швидко титрують розчином 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію до світло –рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 15 – 20 с.

Одночасно проводять контрольне випробування. Для цього в колбу місткістю 50 або 100 см³ екстрагуючого розчину, 9 см³ дистильованої води та титрують розчином 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію.

Титр розчину 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію в грамах аскорбінової кислоти, дорівнює одному кубічному сантиметру розчину 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію, обчислюють за формулою:

$$T = \frac{m}{V_1 - V_2}$$

де m – маса аскорбінової кислоти, що міститься в 1 см³ стандартного розчину, г;

V_1 – об'єм розчину 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію, що витрачено на титрування стандартного розчину аскорбінової кислоти, см^3 ;

V_2 - об'єм розчину 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію, що витрачено на титрування контрольного розчину, см^3

Прилади та устаткування: 1%- розчин соляної кислоти, 1% розчин щавлевої кислоти, індикатор 2,6-дихлорфеноліндофенол, мірна колба на 100 мл, піпетки на 5 мл, ступка порцелянова з пестиком, мікробюретка

Порядок проведення аналізу. Точність методу залежить від застосування техніки аналізу. Всі операції, які пов'язані зі здобуттям середньої проби, подрібненням наважки, її розтиранням тощо, мають виконуватися якнайшвидше (процес розтирання не повинно бути більше за 10 хв.)

Під час готування середньої проби до аналізу рослинну сировину подрібнюють. Після подрібнення та перемішування середнього зразка з нього беруть наважку до 1 - 5 г (з точністю 0,01 г), переносять її до порцелянової ступки, доливають 20 см^3 1%-го розчину соляної кислоти та розтирають товкачиком до виникнення однорідної маси (для кращого розтирання додають пісок). Потім суміш без втрат переносять до мірної колби на 100 см^3 , споліскуючи ступку та товкачик 1 %-м розчином щавлевої кислоти. Рівень у колбі доводять до позначки 1 %-м розчином щавлевої кислоти, старанно перемішують та залишають стояти приблизно 5 хв, потім фільтрують у суху колбу. $5 - 20 \text{ см}^3$ фільтрату, за допомогою піпетки, переносять у колбу і титрують з мікробюретки розчином 2,6-дихлорфеноліндофенола концентрації $0,001 \text{ моль/дм}^3$ до утворення рожевого стійкого кольору, який не зникає протягом $0,5 - 1$ хв. Титрування проводять двічі, результати паралельного титрування не повинні розходитися між собою не більш ніж на $0,03 \text{ см}^3$. Одночасно проводять теж саме титрування двох контрольних проб з тією різницею, що замість екстракту до пробірки вносять суміш розчинів кислот соляної та щавлевої у співвідношенні 1:4.

Масову частку аскорбінової кислоти (мг на 100 г продукту) розраховують за формулою:

$$X=(A-B) T V 100/ V_1m$$

де X - масова частка аскорбінової кислоти, мг в 100 г матеріалу;

A – об'єм розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу, який витрачено на титрування витяжки, см^3 ;

B – об'єм розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу, який витрачено на титрування чистого розчинника, см^3

T – титр 2,6 – діхлорфеноліндофеноляту натрію (фарби Тільманса) за аскорбіновою кислотою, мг;

V – місткість мірної колби, в якій знаходиться наважка, см^3 ;

V_2 – об'єм витяжки, взятої для титрування, см^3 ;

m – маса наважки продукту, г;

100 – перерахунок, мг, на 100 г продукту.

Одержані результати занотувати до робочого зошиту у формі таблиці:

№ з/п	Назва сировини	Маса наважки, г	Об'єм фарби Тільманса, см ³	Об'єм витяжки виготовленої з наважки, см ³	Об'єм витяжки взятої для титрування, см ³	Масова частка аскорбінової кислоти, мг в 100 г
1	2	3	4	5	6	7

ЗАВДАННЯ 3

Визначити вмісту органічних кислот в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини

Сутність методу - метод засновано на титруванні досліджуваного розчину розчином 0,1 моль/дм³ NaOH у присутності фенолфталеїну.

Проведення аналізу

У конічну колбу, місткістю 250 см³ переносять кількісно гарячою водою, через воронку наважку продукту масою 25 г. Потім у колбу до половини об'єму доливають воду з температурою 80±5 °С, старанно струшують і витримують протягом 30 хв, періодично струшуючи. Після охолодження, вміст колби кількісно переносять у мірну колбу на 250 см³ і доливають водою до мітки, перемішують вміст і фільтрують через фільтр або вату.

У конічну колбу відбирають піпеткою від 25 до 50 см³ фільтрату, Підбирають кількість фільтрату так, щоб на титрування витрачалося від 10 до 20 см³ розчину NaOH. У колбу з фільтратом добавляють 3 краплі фенолфталеїну і титрують розчином NaOH до одержання рожевого забарвлення, що не зникає протягом 30 сек.

Формула розрахунку:

Загальну (титровану) кислотність (X) в процентах розраховують за формулою:

$$X = \frac{100 \cdot V \cdot K \cdot V_1}{m \cdot V_2},$$

де V – кількість точно 0,1 н розчину лугу, витраченого на титрування, мл;

K – коефіцієнт для перерахунку на відповідну кислоту;

V₁ – об'єм витяжки, виготовленої із наважки досліджуваного продукту, мл;

m – маса наважки або об'єм досліджуваного продукту, г або мл;

V₂ – кількість фільтрату, взятого для титрування, мл;

Нижче наведені значення коефіцієнта K для перерахунку загальної (титрованої) кислотності на відповідну кислоту:

Яблучної кислоти - 0,0067

Винної кислоти - 0,0075

Лимонної кислоти - 0,0064

Оцтової кислоти - 0,0060

Щавелевої кислоти - 0,0045

Молочної кислоти - 0,0090

V_0 – об'єм, до якого доведена наважка, см^3 ;

V_2 - об'єм фільтрату, взятого на титрування, см^3 .

Форма запису:

Найменування сировини	Масова доля кислот, у перерахунку на кислоту яка переважає, %		Номер і вид стандарту
	результати аналізу зразків	вимоги стандарту	

ЗАВДАННЯ 4

Визначити вміст каротину в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини

Каротин визначають колOMETричним методом за ДСТУ 13496.17-84.

Метод заснований на здібності каротину розчинятися у петролейному ефірі або бензині, даючи при цьому жовте забарвлення, інтенсивність якої пропорційна вмісту каротину.

Концентрація каротину в дослідних розчинах повинна бути в межах 0,4...4 мг/ см^3 .

Хід визначення

Дослідні зразки рослинної сировини подрібнюють у ступці. Наважку зразка масою 1...5 г переносять до ступки, додають 5 г піску, 15...25 г сірчанокислого натрію та соди. Суміш старанно розтирають 3-4 хвилини для подрібнення та обезводнення. Суху суміш (без втрат) переносять до колби на 200 см^3 , приливають 100 см^3 петролейного ефіру або бензину, обмивають ступку та товкачик мінімальною кількістю розчинника. Потім до колби додають 10 г Al_2O_3 10% вологи та 0,5 г окису кальцію. Щільно закривають кришкою і залишають стояти у темному місці на 14...18 годин.

Після настоювання піпеткою відбирають прозорий розчин і переносять його до кювети фотоколориметра. Розчином порівняння служить петролейний ефір або бензин. При оптичній густині більш 0,6 витяжку розводять до 50 см^3 .

Вміст каротину (X) розраховують за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 0,00416 \cdot 1000}{m}$$

де X – вміст каротину, мг/100 г;

a – еквівалентна кількість основного розчину, яке знайдене за графіком, см^3 ;

m – маса наважки, г;

0,00416 – коефіцієнт переводу 1 см^3 розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в еквівалентну кількість мг каротину;

100 – коефіцієнт перерахування на 100 г.

Форма запису:

Найменування сировини	Маса наважки, г	Об'єм екстрагенту, см ³	Оптична густина, D, од. приладу.	Масова частка каротину за калібровочною кривою	Вміст каротину, мг/100г
1	2	3	4	5	6

ЗАВДАННЯ 5

Визначити вміст дубильних речовин в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини (ГОСТ 24027)

Вміст дубильних речовин визначають титрометричним методом ГОСТ 24027-80. Метод заснований на окислювальних властивостях дубильних та барвних речовин, які проявляються в кислому середовищі при взаємодії з марганцево-кислим калієм.

Сировину подрібнюють, беруть наважку масою $m=2$ г з похибкою не більше 0,001 г поміщають в конічну колбу об'ємом 500 мл. Заливають 250 мл нагрітою до кипіння води і нагрівають зі зворотним холодильником на киплячій водяній бані протягом 30 хв при безперервному перемішуванні. Рідину відстоюють, охолоджують до кімнатної температури і декантують близько 100 мл в конічну колбу об'ємом 200-250 мл крізь вату. Потім відбирають піпеткою 25 мл отриманої рідини в іншу конічну колбу об'ємом 750 мл, додають 500 мл дистильованої води, 25 мл розчину індігосульфокислоти і титрують при постійному перемішуванні 0,1 н розчином KMnO_4 до золотисто-жовтого забарвлення, порівнюючи з забарвленням контрольного дослідження.

Контрольне дослідження В конічну колбу об'ємом 750 мл наливають 525 мл дистильованої води, додають 25 мл індігосульфокислоти і титрують при постійному перемішуванні 0,1 н розчином KMnO_4 до золотисто-жовтого забарвлення.

Вміст дубильних речовин в сировині визначають за формулою:

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot 0,004157250100\alpha}{m \cdot 25}$$

де V – об'єм 0,1 н розчину KMnO_4 витраченого на титрування вилучення, мл;

V_1 – об'єм 0,1 н розчину KMnO_4 витраченого на титрування контрольного зразка, мл;

0,004157 – кількість дубильних речовин, що відповідає 1 мл 0,1 н KMnO_4 в перерахунку на танін, г;

m – маса сировини, г;
 250 – місткість мірної колби, мл;
 25 – об'єм рідини, взятої для титрування, мл;
 α – поправка до титру KMnO_4 .

Форма запису:

Найменування зразка	Титр перманганату калію	Маса наважки	Об'єм перманганату калію	Масова доля дубильних речовин, %
1	2	3	4	5

ЗАВДАННЯ 6

Визначити вміст барвних речовин в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини

Масову долю антоціанових барвних речовин визначають відповідно ДСТУ 3845-99 «Барвники натуральні харчові. Технічні умови».

Хід визначення

Наважку сірчаноокислого кобальту масою 20 г переносять в мірну колбу місткістю 1000 см³ і розчиняють в дистильованій воді. Розчин збовтують до повного розчинення кобальтової солі і доводять дистильованою водою до мітки. Отриманий розчин приймають за стандартний розчин.

Одночасно беруть наважку масою 1 г, переносять в мірну колбу місткістю 250 см³, приливають 10 см³ концентрованої соляної кислоти і доводять дистильованою водою до мітки. При появленні мутності розчин фільтрують. Оптичну щільність розчину кобальтової солі і розчину барвника визначають на ФЄК при довжині хвилі 540 нм і кюветами з товщиною поглинання слою 10 мм. Розчином порівняння для розчину кобальтової солі (стандартного розчину) є вода, а для досліджуваного розчину барвника – розчин води і НС1 в тому ж співвідношенні.

Масову концентрацію барвних речовин в грамах, що містяться в 1 кг барвника визначають за формулою:

$$X = \frac{22 \cdot D_1 \cdot 1000}{m \cdot D_2}$$

Де 22 – маса барвних речовин, які за забарвленням відповідають 1 дм³, стандартного розчину, мг;

D_1 – оптична щільність розчину барвника;

D_2 – оптична щільність розчину кобальтової солі;

m – маса наважки, що взята для аналізу, мг.

Отримані результати досліджень представити у формі таблиці.

ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: «Вивчення консервуючої дії низьких температур на активність окиснювальних ферментів»

Мета заняття: Вивчити консервуючої дії низьких температур на активність окиснювальних ферментів

Питання до самоперевірки:

1. Які існують способи інактивації окиснювальних ферментів?
2. Які процеси відбуваються в плодах і овочах при заморожуванні з різною швидкістю?
3. Які фактори впливають на інактивацію окиснювальних ферментів?
4. Як проводять інактивацію окиснювальних ферментів в плодах та овочах?

Теоретичне обґрунтування роботи

Відомо, що одним із основних факторів при переробці плодів та овочів, які впливають на ступінь зберігання вітамінів, антоціанів, каротиноїдів та інших біологічно активних речовин, в тому числі при заморожуванні є інактивація окиснювальних ферментів. Використання різних технологічних прийомів для інактивації ферментів (бланшування – ошпарка гострою парою, короткочасове занурення у воду, варіння, обробка у вакуумі, витримка у розчинах повареної солі, лимонної кислоти різної концентрації, електромагнітна та НВЧ-обробка, пастеризація, стерилізація та ін.) достатньо добре вивчено. Що стосується впливу низьких температур на активність ферментів при заморожуванні, то тут багато питань мало вивчені і залишаються відкритими, а отримані дані носять суперечливий характер. Головне те, що на даний час встановлено, що після заморожування плодів і овочів спостерігається деяка активація окислювальних ферментів (на 25...30% більше в порівнянні з вихідною сировиною), які при мінус 20...-25°C зупиняють свою дію, але після розморожування протягом однієї години ферментативна активність окислювальних ферментів повністю відновлюється, що призводить до значних втрат БАР та клітинного соку

ЗАВДАННЯ

Визначити ферментативну активність в рослинній сировині та в наноструктурованому пюре з рослинної сировини

Метод визначення ферментативної активності заснований на здатності хітонів окислювати аскорбінову кислоту. При цьому методі визначають активність ферментів лише в перші дві хвилини дії на субстрат

Прилади та устаткування: розчин 100 мг аскорбінової кислоти в 100 мл води; 0,02 м розчин пірокатехіну; 10-% розчин мета – або ортофосфорної кислоти; 0,01 н розчин йоду; 0,4 – відсоткова перекись водню, 1-% розчин крохмалю; мікропіпетки на 1 мл; конічні колби на 50 мл; фарфорова ступка; мікробюретка; секундомір.

Хід визначення. Наважку масою (1-5 г) в фарфоровій ступці розтирають з буфером. Співвідношення між наважкою і об'ємом розчину буферу повинна бути 1 : 20. Суміш (болтушку) через 30 хвилин відфільтровують через паперовий фільтр.

Для визначення *поліфенолоксидази* беруть в колби або стаканчики по 1 мл фільтрату, додають 3 мл води, 2 мл розчину аскорбінової кислоти і 1 мл 0,02 м розчину пірокатехіну. Температура всіх реактивів і дистильованої води повинна бути попередньо доведена до 18-20°C. колби рівномірно струшують 2 хвилини (за секундоміром) і потім додають 1 мл 10-% розчину фосфорної кислоти і титрують розчином йоду в присутності крохмалю.

Одночасно проводять контрольні визначення з кип'яченим фільтратом. різниця між титруванням контрольних і дослідних проб слугує показником активності поліфенолоксидази в 1 мл фільтрату; виражається вона в мілілітрах 0,01 н розчину йоду.

Для визначення *пероксидази* в присутності поліфенолоксидази беруть по 1 мл фільтрату і приливають 1 мл 0,4 -% розчину перекису водню; після додавання 2 мл розчину аскорбінової кислоти і 1 мл розчину пірокатехіну рівномірно перемішують, помістивши на 2 хвилини на водяну баню (при 20 °С). Після закінчення 2 хвилин (за секундоміром) фермент інактивують, додаючи 1 мл кислоти, і титрують розчином йоду із мікробюретки. Контрольні визначення проводять точно так же, але з прокип'яченою витяжкою. Активність ферменту виражають в мілілітрах 0,01 н йоду на 1 г сирого або сухого матеріалу.

Приклад розрахунків: Взятий 1 мл витяжки із коренів брукви для визначення поліфенолоксидази, на титрування контрольної проби пішло 3,25 мл 0,01 н розчину йоду, стільки же пішло на дослідну пробу, отже, поліфенолоксидаза відсутня.

Для визначення пероксидази в присутності поліфенолоксидази також взятий 1 мл витяжки, на контрольну пробу пішло 3,20 мл розчину йоду, а на дослідну – 1,45 мл. Таким чином, активність пероксидази в перерахунку на 1 г наважки дорівнює $(3,20-1,45) \cdot 20 \cdot 0,86 = 30,4$ мл 0,01 н розчину йоду. (0,86 – поправка для приведення до точно 0,01 н. розчину йоду).

ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: «Вивчення впливу способів розморожування на зміну вологоутримуючої здатності плодів і овочів, втрати клітинного соку, цілісність клітинної структури»

Мета заняття: Вивчити зміни вологоутримуючої здібності тканини рослинного походження при використанні різних способів розморожування. Експериментальним методом визначити тривалість різних способів розморожування.

Питання до самоперевірки:

1. Які існують способи розморожування продуктів?
2. У чому виявляється технологічна незворотність процесу розморожування?
3. Чим пояснюється перерозподіл вологи в продуктах при їх розморожуванні?
4. Які причини витікання соку при розморожуванні продуктів?
5. Які фактори впливають на вологоутримуючу здатність продукту?
6. Як проводять розморожування плодів та овочів?

Теоретичне обґрунтування роботи

При заморожуванні харчових продуктів значна кількість вологи переходить в кристалічний стан. Перехід в кристалічний стан супроводжується утворенням кристалів льоду по всьому об'єму продукту. Це приводить до необернених змін структурного стану, технологічних властивостей.

Правильно підібраний процес розморожування, в залежності від виду сировини дозволяє провести підготовку сировини до використання, з найменшими змінами технологічних властивостей, його можна проводити декількома способами, кожен із яких здатний в тому чи іншому плані забезпечувати технологічну оберненість процесів заморожування-розморожування. Показником якості розморожених продуктів може бути вологоутримуюча здібність рослинної тканини. Свіжі продукти в оптимальних умовах зберігання володіють максимальною вологоутримуючою здібністю, при заморожуванні і подальшому розморожуванні продуктів їх вологоутримуюча здібність може змінюватись. Це дозволяє використовувати цей показник при оцінці різних способів розморожування.

Найбільше поширення отримали способи розморожування у повітряному середовищі і в воді при різних технологічних режимах. Порівняльну оцінку вологоутримуючій властивості тканини рослинного походження до і після розморожування можна отримати за допомогою процесу центрифугування зразків і визначення їх маси.

Методика виконання роботи

Обладнання, прилади, матеріали.

1. стенд для заморожування харчових продуктів;
2. ємкість з водою для розморожування зразків,
3. ваги лабораторні ;
4. центрифуга лабораторна;
5. гільзи із сітчастим дном;
6. побутовий вентилятор;
7. потенціометр з набором термопар;
8. водольодяна суміш;
9. ніж;
10. пробовідбірник;
11. розроблювальна дощечка;
12. серветки;
13. свіжі плоди і овочі (картопля, яблука по 0,5 кг)

1. Попередньо заморожуються зразки (за 2-3 доби до проведення лабораторного заняття). Із свіжих овочів пробовідбірником ($d=8\text{мм}$, $l=30\text{мм}$) вирізають пробу. Зразки (по 2 шт. із кожного виду сировини) маркують, обсушують серветкою, зважують на аналітичних вагах. Записують вагу в таблицю. Зразки заморожують одним із наступних способів:

- в повітряному середовищі, поміщаючи їх в морозильне відділення у підвішеному стані;
- контактним способом, розклавши зразки на стінці випаровувала;
- зануренням в охолоджений розсіл (-15°C : -17°C).

Частина дослідної сировини залишається в якості контрольного зразка, який використовується під час заняття. Він не підлягає термічним впливам. Зразки в замороженому стані поміщають на короткочасне зберігання при низьких від'ємних температурах (-2 ; -4°C) до початку заняття. Температура в центрі зразку перед заняттям повинна бути не вище -4 : -6°C .

2. Дослідні зразки піддають розморожуванню різними способами:

- зануренням зразків в ємкість з теплою водою ($+20^{\circ}\text{C}$);
- в повітряному середовищі при температурі навколишнього повітря ($+20^{\circ}\text{C}$) і інтенсивному обдиманні зразків повітрям;
- в повітряному середовищі при температурі навколишнього повітря ($+20^{\circ}\text{C}$) і природній його циркуляції.

Попередньо в центральну частину зразків поміщають термopару для фіксації t . Зразки вважаються розмороженими, якщо температура в середині досягає $0 + 1^\circ\text{C}$.

3. Розморожені і контрольні зразки зважують на аналітичних вагах. Записують вагу G_2 в таблицю. Зважування можна проводити разом із гільзою, попередньо зафіксувавши її вагу.

4. Центрифугують зразки. Для цього пронумеровані гільзи із сітчастим дном встановлюють в центрифужні пробірки і центрифугують при 4000 об/хв на протязі 30 хв. Пробірки до центрифугування врівноважують.

5. Зважують зразки після центрифугування фіксуючи масу зразка G_3 . Зважування можна проводити з гільзою.

Основними результатами замірів проведеного дослідження являються дані про:

G_1 - масу зразка до заморожування, г;

G_2 - масу зразка після заморожування-розморожування, г;

G_3 - масу зразка після центрифугування, г.

6. По результатам дослідження роблять визначення:

- відносної зміни маси зразка при заморожуванні-розморожуванні:

$$\Delta g_1 = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100 \quad (3.1.)$$

- відносної втрати вологи при центрифугуванні:

$$\Delta g_2 = \frac{G_2 - G_3}{G_2} \cdot 100 \quad (3.2.)$$

- відносної втрати вологи зразком при технологічній обробці:

$$\Delta g_3 = \frac{G_1 - G_3}{G_1} \cdot 100 \quad (3.3.)$$

Одержані результати занотувати до робочого зошити за такою формою запису:

№ з/п	Досліджувана тканина, спосіб розморожування	G_1	G_2	G_3	Δg_1	Δg_2	Δg_3
1	2	3	4	5	6	7	8

ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: «Вивчення впливу холодильної обробки на інтенсивність біохімічних процесів (процесів дихання) в плодах та овочах»

Мета заняття: Ознайомити студентів з впливом температури на інтенсивність дихання продуктів рослинного походження; набути навички практичного визначення інтенсивності дихання плодів та овочів.

Питання для самоперевірки:

1. У чому полягає сутність процесу дихання? Його типи.
2. Що розуміють під інтенсивністю дихання?
3. Як визначають інтенсивність дихання?
4. Від яких факторів залежить інтенсивність дихання?
5. На чому базуються способи зберігання плодів і овочів у регулюючому газовому середовищі?
6. Що таке температурний коефіцієнт?

Теоретична частина

Свіжі плоди та овочі - це живі організми з властивим їм обміном речовин, який складається з процесів асиміляції і дисиміляції.

Процес асиміляції переважає в період росту і розвитку плодів та овочів.

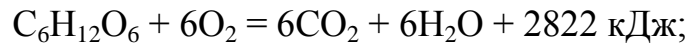
Після збирання плодів і овочів та при їх подальшому зберіганні у свіжому вигляді процеси дисиміляції переважають над процесами асиміляції. Важливе місце при цьому займають процеси окисно-відновного характеру. Найбільш важливе місце в них займає процес дихання.

Дихання являється основним показником процесу життєдіяльності рослинного організму. У процесі дихання виявляються захисні функції організму, проходить безперервне вивільнення енергії, що витрачається на біосинтез, реакції обміну і підтримання структури протоплазми.

Сутність процесу дихання полягає в біологічному окисненні органічних речовин до кінцевих продуктів CO_2 і H_2O . Процес окислення іде з кінцевим вивільненням енергії.

Цей процес властивий кожній живій клітині. Після припинення дихання організм гине.

Процес дихання рослинного організму при вільному доступі кисню виражається наступним сумарним рівнянням:



при недостатній кількості кисню (анаеробному диханні) - рівнянням



Як бачимо із рівнянь реакції, енергетична ефективність анаеробного дихання нижче у порівнянні з аеробним.

Ці рівняння являються лише схематичними і сумарними рівняннями процесу дихання, який в дійсності проходить у вигляді послідовної сукупності реакцій за участю ферментів, що ведуть до утворення ряду проміжних речовин: пірвіноградної кислоти, ацетальдегіду, гліцеринового альдегіду та ін. Тому дихання слід розглядати не тільки як процес розпаду, але як і новоутворення речовин. На дихання в першу чергу витрачаються моносахариди, дисахариди, крохмаль, жири, органічні кислоти та інші речовини, внаслідок чого вміст вказаних органічних речовин зменшується.

Як відомо, при диханні виділяється CO_2 . Інтенсивність дихання Z залежить від температури середовища і виражається кількістю міліграмів CO_2 , що виділив 1 кг овочів або плодів протягом 1 год (мг/кг год).

При вираженні залежності інтенсивності дихання від температури користуються температурним коефіцієнтом Q_{10} , який показує у скільки разів збільшується інтенсивність дихання при підвищенні температури на $10^\circ C$:

$$Q_{10} = \frac{Z_2 \cdot 10}{Z_1 \cdot (t_2 - t_1)} \quad (4.1)$$

де Z_1 та Z_2 значення інтенсивності дихання, які відповідають температурам t_1 і t_2 .

Відповідно закону Вант-Гоффа, швидкість хімічної реакції при підвищенні температури на 10° збільшується в 2-3 рази. Однак дихання рослинних організмів являє собою більш складний процес, який залежить не тільки від температури, але й від виду, сорту, стану, особливостей ферментативних систем та інших факторів. Тому реальні значення Q_{10} відрізняються від значень, обчислених по закону Вант-Гоффа.

У процесі дихання плодів і овочів виділяється енергія, інтенсивність вивільнення якої визначається за формулою (4.2.), вт/кг:

$$P = 0,00297 \cdot Z_t \quad (4.2)$$

де Z_t – інтенсивність дихання при температурі t мг/кг год.

На характер та інтенсивність дихання плодів та овочів суттєво впливає також газовий склад навколишнього повітря. При пониженні вмісту O_2 до 5-6% інтенсивність дихання плодів та овочів зменшується у 2 рази, але порушень у процесі дихання не спостерігається, так як коефіцієнт дихання (D_k) дорівнює 1.

D_k - це відношення об'єму виділяемого при диханні CO_2 до об'єму O_2 , що поглинається:

$$D_k = \frac{CO_2}{O_2} \quad (4.3)$$

При більш значному пониженні вмісту кисню відбувається патологічне порушення характеру дихального газообміну, в результаті чого в тканинах накопчується етиловий спирт і $D_k > 1$ (~1,5).

Підвищення вмісту в повітрі CO_2 також приводить до зниження інтенсивності процесу дихання плодів і овочів в регулюючій атмосфері.

З пониженням температури значно зменшується інтенсивність дихання Z , тому швидке охолодження плодів і овочів після збирання сприяє подовженню строків їх зберігання у зв'язку із різким зниженням інтенсивності дихання, але не повним його припиненням.

Експериментальна частина

Обладнання, прибори та матеріали.

1. Ексикатори – 2;
2. Чашки Петрі – 2;
3. Охолоджуюча камера – 1;
4. Термометр – 1;
5. Піпетка на 20 мл – 1;
6. Бюретка для титрування – 1;
7. 1н розчин $HC1$ (готувати із фіксоналу $K = 1$);
8. 1н розчин KOH ;
9. Індикатори – фенолфталеїн, метилоранж;
10. Ваги технічні (до 1 кг – 1);
11. Досліджуваний продукт (свіжі не охолоджені плоди і овочі) – по 1 кг на кожен режим (яблука, морква, картопля).

Серед великої кількості існуючих методів визначення інтенсивності дихання плодів та овочів найбільш простим і досить точним являється метод, що базується на поглинанні CO_2 , який виділяється плодами і овочами, розчинами лугів. Кількість CO_2 поглинутого лугом, визначають титруванням, а потім розраховують по формулі інтенсивність дихання.

Для досліду на решітку ексикатора розміщують необхідну кількість (0,5 - 1,0 кг) плодів та овочів.

На дно ексикаторів встановлюють чашки Петрі. У кожний із двох ексикаторів на решітці розміщують порцію досліджуваного продукту, після чого піпеткою в кожену чашку Петрі швидко наливають 20 мл 1н КОН і закривають кришками, попередньо змазаними технічним вазеліном. Це дасть змогу запобігти внутрішньому об'єму ексикатора поглинати CO_2 , що міститься в атмосфері.

Один із ексикаторів розміщують в охолодженій камері (t_1), інший залишають при кімнатній температурі (t_1). Відмічають час початку охолодження τ_1 .

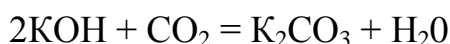
Через 2-3 год після початку досліду чашки з розчином лугу виймають із ексикаторів і зразу закривають кришками. Відмічають час закінчення досліду τ_2 .

Ретельно переливши розчин КОН із чашок Петрі в дві конічні колби, титрують розчин лугу в кожній колбі 1н розчином HCl . Для цього в колбу з лугом додають 4-5 крапель фенолфталеїну і титрують кислотою до знебарвлення.

Відмічають кількість (b) мілілітрів HCl , що пішла на титрування. Потім у ту ж колбу додають 1-2 краплі метилоранжу та титрують тією ж кислотою до забарвлення в рожево-червоний колір.

Відмічають загальну кількість (a) мілілітрів HCl , яка пішла на титрування. Титрування необхідно проводити точно.

Реакція поглинання CO_2 проходить по рівнянню:



Через 2,5-3 години в чашці Петрі буде знаходитись суміш утвореної солі і деякої кількості залишеного лугу. Після титрування 1н розчином HCl сіль (K_2CO_3) реагує з HCl . Реакція проходить у дві стадії:



У відповідності з цим крива має дві точки еквівалентності. До початку титрування, коли до розчину K_2CO_3 додається 4-5 крапель фенолфталеїну - розчин забарвлюється в малиновий колір. В момент утворення $KHCO_3$ розчин знебарвлюється (рН 7). Коли до розчину додається метиловий оранжевий - розчин набуває жовтого кольору.

При продовженні титрування кислотою вся $KHCO_3$ перетворюється у вільну H_2CO_3 , а жовтий колір розчину переходить в рожево-червоний (рН 4).

З фенолфталеїном відтитровується надлишок KOH , який не вступив у з'єднання з CO_2 , і половина K_2CO_3 , а з метилоранжем дотитровується інша половина K_2CO_3 . Виходячи з цього, інтенсивність дихання, мг/(кг·год):

$$Z_t = \frac{2 \cdot (a-b) \cdot K \cdot 22}{(\tau_2 - \tau_1) \cdot G} \quad (4.4)$$

де a - загальна кількість 1н HCl , що пішла на титрування 20 мл 1н KOH , мл;

b - кількість 1н HCl , що пішла на титрування 20 мл 1н KOH в присутності фенолфталеїну, мл;

$2(a - b)$ - кількість 1н HCl , що пішла на титрування K_2CO_3 , мл;

K - поправочний коефіцієнт до титру HCl ; (=1)

22- еквівалент CO_2 ;

τ_1 - час початку досліду, год;

τ_2 - час закінчення досліду, год;

G - маса досліджуваного об'єкту, кг.

Дані експерименту оформляються у вигляді таблиці.

Таблиця 1

Досліджуємий продукт	G_1 , кг	t_1 , °C	τ_1 , год	τ_2 , год	a , мл	b , мл	Z_t	Q_{10}	P_t

1. По формулі (1.4) обчислюють інтенсивність дихання досліджуваного продукту при температурі t_1 і t_2 ;
2. По формулі (1.1.) знаходять температурний коефіцієнт Q_{10} ;
3. По формулі (1.2) визначають інтенсивність виділення енергії в процесі дихання досліджуваного об'єкта при температурі t_1 і t_2 ;
4. По результатам досліджень:
 - для різних видів сировини строять графік в координатах Z_t, t ;
 - роблять висновки про вплив температури на процес дихання плодів і овочів.

ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: «Вивчення впливу форми та розміру плодів та овочів на тривалість процесу охолодження»

Мета заняття: Ознайомити студентів з сутністю процесу охолодження і теплообміну, основними факторами, від яких залежить тривалість процесу охолодження. Розрахунковим методом визначити тривалість процесу охолодження, а також виявити вплив геометричної форми продукту на цей процес.

Питання до самоперевірки:

1. Що таке охолодження харчових продуктів та які продукти називаються охолодженими?
2. Назвіть основні види охолоджуючих середовищ, що використовуються при охолодженні харчових продуктів.
3. Які закономірності процесу теплообміну при охолодженні? Поясніть основні стадії процесу.
4. Що покладено в основу розрахункового методу визначення тривалості процесу охолодження?
5. Які координати має точка температурою $t_{к.ц.}$?
6. Як змінюється тривалість охолодження в залежності від температури повітря і швидкості його циркуляції?

Теоретична частина

Охолодженням називається процес відведення теплоти від продукту з пониженням його температури не нижче криоскопічної з метою сповільнення біохімічних реакцій і життєдіяльності мікроорганізмів. Охолодження не передбачає глибокого зниження температури, а лише її пониження до значення криоскопічної, що не супроводжується фазовим перетворенням води. При цьому зберігаються умови для життєдіяльності психрофільних мікроорганізмів (можуть загинути лише термо- і мезофіли).

Плоди та овочі – живі організми і їм властивий обмін речовин. Прикладом окисно-відновлюваних процесів є дихання плодів і овочів, що є необхідним для їх життєдіяльності. При цьому втрачаються поживні речовини, що приводить до погіршення їх якості. Охолодження сповільнює інтенсивність реакцій.

Способи охолодження

В залежності від виду та стану продукту, цільового призначення необхідної швидкості процесу застосовуються різні способи охолодження (в залежності від виду проміжних охолоджуючих середовищ).

1. Охолодження в газоподібних проміжних охолоджуючих середовищах (в повітрі).

2. Охолодження в рідких проміжних охолоджуючих середовищах (в воді, розсолі).
3. Охолодження в твердих проміжних охолоджуючих середовищах (лід, льодосоляні суміші).

Теплообмін при охолодженні

В основі процесу охолодження лежить теплообмін між середовищем і продуктом. Охолодження продуктів супроводжується пониженням температури, випаренням вологи, видаленням теплоти за рахунок біохімічних реакцій в тканинах продукту. Через це процес охолодження – це комплексний процес теплообміну і його тривалість можна розділити на три стадії.

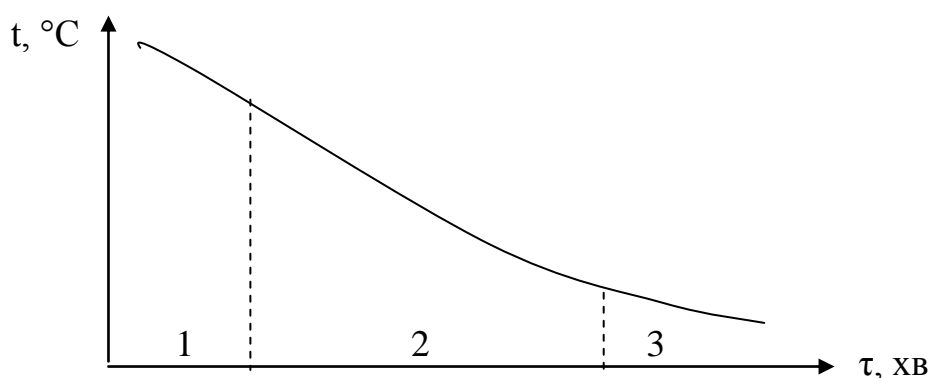


Рис. 1 Стадії процесу охолодження

1. Стадія невідповідності температурного режиму, коли зміна температури в різних точках тіла залежить від початкової температури поля, в якому знаходилось тіло до охолодження (рис. 1. ділянка 1).

2. Стадія регулярного температурного режиму, коли зміна температури в різних точках тіла не залежить від початкової температури поля, а підпорядковується загальному закону, що називається законом регулярного режиму (рис. 1. ділянка 2).

3. Стадія теплової рівноваги характеризується постійною температурою в усіх точках тіла і однаковими температурами тіла і охолодженого середовища, (рис. 1. ділянка 3).

Стадія теплової рівноваги настає лише після тривалого періоду часу з початку охолодження. Дослідами доведено, що при охолодженні харчових продуктів стадія регулярного режиму завжди абсолютно переважає по тривалості над стадією невідповідності температурного режиму.

Охолодження супроводжується безперервним зниженням температури матеріалу, звідси і нестационарний характер процесу, який зумовлює методи його розрахунку. Тривалість процесу охолодження найчастіше розраховується одним з двох способів.

Перший спосіб заснований на використанні закономірностей регулярного температурного режиму. Цей спосіб застосовується для визначення тривалості охолодження для тіла будь-якої геометричної форми. Ці закономірності враховують охолодження на тій його стадії, де впливом початкових умов на розвиток процесу можуть бути знехтувані. Розглядається процес охолодження, коли температура охолоджуючого

середовища ($t_{\text{сер}}$), теплопровідність $\lambda_{\text{пр}}$, температуропровідність $a_{\text{пр}}$, коефіцієнт тепловіддачі α_t , - постійні та відсутні внутрішні джерела тепла. Якщо вважати, що температура охолоджуваного тіла не залежить від координати, то тривалість охолодження можна отримати за законом охолодження Ньютона:

$$\tau = \frac{1}{m_{\text{оохл}}} \ln \frac{t_{\text{дт}} - t_{\text{нл}}}{t - t_{\text{нл}}} \quad (5.1.)$$

де τ – тривалість охолодження, с;

$m_{\text{оохл}}$ – темп охолодження, 1/с;

t – миттєва середньооб'ємна температура продукту, °С;

$t_{\text{поч}}$ – початкова середньооб'ємна температура продукту, °С;

$t_{\text{сер}}$ – температура охолоджуючого середовища, °С;

Темп охолодження залежить від форми, розміру та теплофізичних характеристик продукту, що охолоджується, а також від коефіцієнту тепловіддачі, який визначається дослідним шляхом або за емпіричними формулами.

Другий спосіб застосовується для визначення тривалості охолодження продуктів правильної геометричної форми. Цей спосіб зображується у вигляді номограм. Номограма – це графічне зображення критеріальної залежності безрозмірної температури від критеріїв Біо та Фур'є. Номограма розраховується та будується для кожної геометричної форми окремо. Існують три основні геометричні форми: куля, циліндр та пластина.

Критеріальна залежність має такий вигляд:

$$\Theta = f(B_i, F_0) \quad (5.2.)$$

де Θ – безрозмірна відносна температура;

B_i – критерій Біо;

F_0 – критерій Фур'є;

Безрозмірну температуру розраховують за формулою:

$$\Theta = \frac{t_{\text{дт}} - t_{\text{нл}}}{t_{\text{дт}} - t_{\text{нл}}} \quad (5.3.)$$

де $t_{\text{поч}}$ – початкова температура продукту, °С;

$t_{\text{кін}}$ – кінцева температура продукту, °С;

$t_{\text{сер}}$ – температура середовища, °С;

Критерій Біо описує умови внутрішнього та зовнішнього теплообміну:

$$B_i = \frac{\alpha_n \cdot R_{d\bar{d}}}{\lambda_{d\bar{d}}} \quad (5.4.)$$

де $R_{\text{пр}}$ – характерний розмір продукту (половина товщини пластини або радіус

α_m – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²К);

$\lambda_{\text{пр}}$ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(мК).

Критерій Фур'є – це тимчасовий критерій, який розраховують за формулою:

$$F_o = \frac{\alpha_{d\dot{d}} \cdot \tau}{R_{d\dot{d}}^2} \quad (5.5.)$$

де τ – тривалість процесу охолодження, с;

$R_{пр}$ – характерний розмір продукту, м;

$\alpha_m = \lambda_{пр}/c_{пр}\rho_{пр}$ коефіцієнт теплопровідності продукту, м²/с;

$c_{пр}$ – питома теплоємність продукту, кДж/кгК;

$\rho_{пр}$ – густина продукту, кг/м³;

$\lambda_{пр}$ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/мК

Знаючи число Ві та температуру Θ , за номограмою (додаток 1) знаходять значення числа F_o . За знайденим за допомогою номограми значенням числа Фур'є визначають тривалість охолодження:

$$\tau = \frac{F_o \cdot R_{d\dot{d}}}{\alpha_{d\dot{d}}} \quad (5.6.)$$

За допомогою номограм можна розв'язувати як прямі задачі (визначення тривалості охолодження), так і зворотні (визначення кінцевої середньооб'ємної температури продукту). Кінцеву середньооб'ємну температуру продукту визначають за відомими значеннями Ві та F_o . Графічно визначають безрозмірну температуру Θ , а потім за допомогою рівняння (5.3) визначають кінцеву середньооб'ємну температуру продукту. Номограми дозволяють визначити тривалість охолодження під час змінювання числа F_o в інтервалі від 0 до 30, чого цілком достатньо для більшості харчових продуктів. Розроблені також номограми, що враховують зміну числа F_o в більш широкому діапазоні.

Ентальпію повітря $I_{пов}$, ентальпію насиченого повітря $I_{нас}$ та температуру повітря за вологим термометром t_v визначають за I - d діаграмою повітря.

Кількість тепла, яка відводиться від продукту під час холодильного оброблення, визначається за формулами:

$$Q_{i\dot{o}i\dot{e}} = G_{d\dot{d}} \cdot \dot{n}_{d\dot{d}} \cdot (t_{d\dot{r}} - t_{e\dot{l}}) \quad (5.7.)$$

$$Q_{i\dot{o}i\dot{e}} = G_{d\dot{d}} \cdot (i_{d\dot{r}} - i_{e\dot{l}}) \quad (5.8.)$$

де $Q_{охол}$ – кількість тепла, яка відводиться від продукту, кДж;

$G_{пр}$ – маса продукту, кг;

$c_{пр}$ – питома теплоємність продукту, кДж/кгК;

$t_{поч}$ – початкова температура продукту, °С;

$t_{кін}$ – кінцева температура продукту, °С;

$i_{поч}$ – початкова ентальпія продукту, кДж/кг;

$i_{\text{кін}}$ – кінцева ентальпія продукту, кДж/кг.

ЗАДАЧА 1

Визначити тривалість охолодження продукту від початкової температури $t_{\text{поч}}$, кінцевої температури $t_{\text{кін}}$ при температурі повітря $t_{\text{пов}}$, якщо відомо, що через τ_1 годин після початку охолодження температура продукту стала рівною t_1 .

Визначити кількість теплоти, яку було відведено під час охолодження продукту вагою $G_{\text{пр}}$ від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до кінцевої температури $t_{\text{кін}}$.

Порядок розв'язання

1. Враховуючи відомі дані (τ_1 та t_1) за формулою (5.1) визначаємо темп охолодження продукту $m_{\text{охол}}$.

2. Визначивши темп охолодження $m_{\text{охол}}$, знову використовуємо формулу (5.1) для розрахунку тривалості охолодження τ продукту від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до кінцевої $t_{\text{кін}}$.

3. Визначимо кількість теплоти, яку було відведено під час охолодження продукту від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до кінцевої $t_{\text{кін}}$ за формулою (5.8). Дані для ентальпії продукту надаються у додатку 2.

Варіанти індивідуальних завдань до задачі 1 приведені у табл. 1.1.

ЗАДАЧА 2

За допомогою номограми визначити кінцеву середньооб'ємну температуру продукту $t_{\text{кін}}$, який насипаний в один шар на сітчасту стрічку апарата, яка обдувається повітрям з температурою $t_{\text{пов}}$ протягом часу τ . Початкова температура продукту $t_{\text{поч}}$, коефіцієнт тепловіддачі $a_{\text{п}}$, еквівалентний діаметр d , густина $\rho_{\text{пр}}$, питома теплоємність продукту $C_{\text{пр}}$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{пр}}$, вага продукту $G_{\text{пр}}$.

Визначити кількість теплоти, яку було відведено під час охолодження продукту вагою $G_{\text{пр}}$ від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до кінцевої температури $t_{\text{кін}}$.

Порядок розв'язання

1. Визначаємо температуропровідність продукту за формулою $\alpha_{\text{пр}} = \lambda_{\text{пр}} / c_{\text{пр}} \rho_{\text{пр}}$

2. Визначаємо критерій Ві за формулою (2.4) та критерій Fo за формулою (2.5).

3. За знайденими критеріями Ві та Fo за номограмою графічно знаходимо безрозмірну температуру Θ .

4. Підставляємо відомі дані в формулу для безрозмірної температури Θ (5.3) визначаємо кінцеву середньооб'ємну температуру продукту $t_{\text{кін}}$.

5. Визначаємо кількість теплоти, яку було відведено під час охолодження продукту від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до кінцевої температури $t_{\text{кін}}$ за формулою (5.7).

Варіанти індивідуальних завдань до задачі 2 приведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.1.

Варіанти завдань до задачі 1

Параметр	Номер варіанту																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16															
	АБРИКОС								МАЛИНА								КУКУРУДЗА								ПЕРЕЦЬ (ПЛАСТИНА)						
$t_{\text{плоч.}}^{\circ\text{C}}$	20	19	21	18	22	25	28	31	32	33	34	35	36	37	38	39															
$T_{\text{хиль.}}^{\circ\text{C}}$	4	2	4	1	5	5	2	1	2	1	3	1	2	4	4	1															
$t_{\text{плоч.}}^{\circ\text{C}}$	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-3	-2	1	2	-1	-2	-1	-3	-4	-2															
t_1 , год	2	1	2	1,3	1,4	1,4	2	2,5	1	1,5	1,5	3	1,2	3	5	6															
t_1 , $^{\circ}\text{C}$	10	12	13	14	10	10	13	10	12	11	15	9	14	15	4	7															
$G_{\text{гр.}}$, кг	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850															

Таблиця 1.2.

Варіанти завдань до задачі 2

Параметр	Номер варіанту																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16															
	ГОРОБИНА								ПОЛУНИЦЯ								КАРТОПЛЯ								МОРКВА (ПЛАСТИНА)						
$t_{\text{плоч.}}^{\circ\text{C}}$	0	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	0	2	3	5															
$t_{\text{плоч.}}^{\circ\text{C}}$	30	28	28	24	25	24	23	22	29	25	23	20	30	28	26	27															
t , хв	20	25	25	10	15	10	18	20	20	15	10	16	20	25	15	18															
a_n , Вт/м ² К	35	50	34	35	40	39	42	43	39	37	36	38	45	50	55	30															
d , мм	10	8	8	11	20	18	16	14	10	8	6	7	10	8	12	9															
$\rho_{\text{гр.}}$, кг/м ³	1000	1040	1020	1060	760	764	770	780	1050	1030	1040	1060	1030	1040	1050	1020															
$c_{\text{гр.}}$, кДж/кгК	3,68	3,66	3,87	3,67	3,4	3,7	3,6	3,8	3,76	3,70	3,73	3,75	3,68	3,66	3,64	3,65															
$\lambda_{\text{гр.}}$, Вт/мК	0,54	0,53	0,57	0,50	0,45	0,52	0,40	0,53	0,47	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,52	0,49															
$G_{\text{гр.}}$, кг	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850															

ЗАНЯТТЯ № 6

Тема: «Визначення та розрахунки тривалості заморожування плодів та овочів»

Мета заняття: Дослідити вплив та розрахувати тривалість охолодження плодів і овочів; дослідити вплив на тривалість заморожування форми геометричних розмірів продукту, різницю температур; знайти кількість теплоти, що відводиться при заморожуванні продукту.

Питання до самоперевірки:

1. Сутність та значення процесу заморожування. Дайте характеристику способів заморожування.
2. Технологічні та теплофізичні особливості процесу заморожування.
3. Зміна теплофізичних характеристик харчових продуктів при заморожуванні.
4. Класифікація способів заморожування по принципу відводу тепла.
5. Основні закономірності тепло- та масообміну при заморожуванні.

Теоретичне обґрунтування роботи

Заморожування звичайно проводять із метою підготовки продукту до тривалого зберігання при негативних температурах. Заморожування істотно відрізняється від охолодження, а також від підморожування. Воно забезпечує більшу стійкість продукту при зберіганні в порівнянні з охолодженням й підмороженням.

Піддаючи продукт заморожуванню й зберіганню в замороженому стані, прагнуть насамперед зберегти його поживні й смакові властивості, для чого необхідно домагатися максимальної оборотності змін, що відбуваються під впливом негативних температур.

Способи заморожування харчових продуктів можна класифікувати по оцінці передавачів тепла від продукту - джерела тепла до охолоджуваного середовища — приймача на 3 групи: заморожування в киплячому холодильному агенті (контактне або безконтактне); у рідинах як проміжних теплоносіях (контактне й безконтактне); у повітрі як проміжному теплоносії (контактно й безконтактно). Застосовують також проміжні і змішані способи заморожування: заморожування погруженням у рідину або зрошенням рідиною; у парах киплячого азоту або в киплячому азоті; на холодильній металевій поверхні з одночасним обдування; повітрям.

Кожний із зазначених способів заморожування не повинен чинити шкідливої дії на якість продукту.

Найпоширеніші способи, засновані на принципі передачі тепла продуктом теплопровідністю, конвекцією й теплообміном при фазових перетвореннях. Як

правило, охолоджуючим середовищем є повітря з різною швидкістю руху й температурою $-30\dots-40$ °С. Заморожування здійснюється в морозилках камерного типу, у яких повітря рухається зі швидкістю 1-2 м/с. Для прискорення заморожування в таких камерах батареї розміщуються поблизу від об'єкта, що заморожується, внаслідок чого досягається прискорення заморожування. Кращий технологічний ефект досягається при заморожуванні фасованих продуктів у різних морозильних апаратах. У цьому випадку швидке заморожування відбувається не тільки внаслідок найбільш інтенсивного тепло- і вологообміну, але й у результаті того, що продукт, що заморожується, попередньо фасується до одержання прийнятної оптимальної товщини.

Алгоритм розрахунку тривалості заморожування продукту

1) Визначаємо критерій Біо:

$$B_i = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda_{охл}} \quad (6.1.)$$

де l – характерний розмір продукту (половина товщини пластини або радіус циліндра та кулі) м;

α – коефіцієнт тепловіддачі від продукту до охолоджуючого середовища, Вт/(м²К); дорівнює ≈ 210 Вт/(м²К);

$\lambda_{охл}$ – коефіцієнт теплопровідності охолодженого продукту, Вт/(мК).

2) Розраховуємо безрозмірну температуру для режиму охолодження до моменту досягнення кріоскопічної температури на поверхні продукту;

$$\Theta_n = \frac{t_{кр} - t_{сер}}{t_{поч} - t_{сер}} \quad (6.2.)$$

де $t_{поч}$ – початкова температура продукту, °С;

$t_{кр}$ – кріоскопічна температура продукту, °С (вибираємо з таблиці !!! для даного виду продукту);

$t_{сер}$ – температура охолоджуючого середовища, °С;

3) За номограмою на поверхні для пластини кулі або циліндра для отриманих розрахунком B_i і θ визначають критерій $F_0^{охл}$ (див. Додаток 1,2,3)

4) Розраховуємо тривалість процесу охолодження:

$$\tau_1 = \frac{F_0^{охл} l^2}{\alpha_{охл}} \quad (6.3.)$$

$\alpha_{охл}$ – коефіцієнт температуропровідності охолодженого продукту, м²/с, визначаємо за формулою:

$$\alpha_{охл} = \frac{\lambda_{охл}}{c_{охл} \cdot \gamma} \quad (6.4.)$$

де $C_{\text{охл}}, \gamma_{\text{охл}}$ – питома теплоємність і щільність для даного продукту, вибираємо з табл. 1.4.

5) За формулою Планка розраховуємо тривалість процесу заморожування:

$$\tau_2 = A_{\phi} \frac{q_{\text{зам}} \cdot \gamma \cdot l}{t_{\text{кр}} - t_c} \left(\frac{l}{2\lambda_{\text{зам}}} + \frac{1}{\alpha} \right) \quad (6.5.)$$

де A_{ϕ} – коефіцієнт форми ($A_{\phi}=1$ для неорганічної пластини, $A_{\phi}=0,5$ для циліндру, $A_{\phi}=0,33$ для кулі);

$q_{\text{зам}}$ – питома теплота заморожування продукту, що знаходимо за формулою:

$$q_{\text{кр}} = Wr\omega, \quad [\text{кДж/кг}] \quad (6.6.)$$

де W – вологовмісність продукту в долях одиниці (вибираємо з табл. 1.4.)

r – 335 кДж/кг питома теплоємність замерзання 1 кг води;

ω – кількість вимороженої води, що визначаємо за формулою:

$$\omega = \frac{1,105}{1 + \frac{0,31}{\lg(t_{\text{е.нд}} + (1 - t_{\text{ед}}))}} \quad (6.7.)$$

$t_{\text{к.ср}}$ беремо по абсолютній величині, тобто зі знаком «+»

6) розраховуємо критерій Біо для замороженого продукту:

$$B_{i_{\text{зам}}} = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda_{\text{зам}}} \quad (6.8.)$$

7) Визначаємо безрозмірну температуру в центрі продукту по його абсолютній кінцевій величині заданої температури

$$\Theta_{\text{ц}} = \frac{t_{\text{к.ц}} - t_c}{t_{\text{кр}} - t_c} \quad (6.9.)$$

8) За номограмою в центрі пластини, кулі або циліндра в залежності від конкретної моделі для знайдених $B_{i_{\text{зам}}}$ і $\Theta_{\text{ц}}$ знаходимо значення F_0 (див. Додаток 1,2,3)

9) Розраховуємо тривалість третього періоду процесу заморожування:

$$\tau_3 = \frac{F_0^{\text{зам}} l^2}{\alpha_{\text{зам}}} \quad (6.10.)$$

10) Визначаємо повну тривалість процесу:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \quad (6.11.)$$

11) Розраховуємо кількість теплоти, що відведено від продукту за формулою:

$$Q_{зам} = G_{пр} [C_{охл} (t_n - t_{кр}) + q_{зам} + C_{зам} (t_{кр} - t_k)] , \text{кДж} \quad (6.12)$$

$G_{пр}$ – маса продукту, кг.

Варіанти індивідуальних завдань до задачі приведені у табл. 1.3.

ЗАДАЧА

Розрахувати тривалість заморожування продукту, якщо відомо: вид продукту - ____; фізична модель - ____; характерний розмір $2R =$ ____ м; кінцева температура продукту дорівнює ____°С; температура охолоджуючого середовища дорівнює ____°С; початкова температура продукту дорівнює ____°С; вид охолоджуючого середовища - ____; маса продукту - ____ кг.

Порядок розв'язання

- 1) Визначаємо значення критерія Біо за формулою (6.1.)
- 2) розраховуємо безрозмірну температуру за формулою (6.2.) для режиму охолодження до моменту досягнення криоскопічної температури на поверхні продукту ($t_{кр}$ – криоскопічна температура продукту, °С визначають із Додатку);
- 3) За номограмою на поверхні пластини для отриманих розрахунком Bi і θ визначаємо критерій $Fo^{охл}$ (Додаток).
- 4) Розраховуємо тривалість процесу охолодження за формулою (6.3.)
- 5) Визначаємо коефіцієнт температуропровідності охолодженого продукту за формулою (6.4.)
- 5) За формулою Планка (6.5.) розраховують тривалість процесу заморожування;
- 6) Визначаємо питому теплоємність заморожування продукту, що визначається за формулою (6.6.)
- 7) Визначаємо кількість вимороженої води за формулою (6.7.)
- 8) Розраховуємо критерій Біо для замороженого продукту за формулою (6.8.)
- 9) Визначаємо безрозмірну температуру в центрі продукту за його абсолютною кінцевою величиною заданої температури (6.9.)
- 10) За номограмою в центрі пластини для розрахованих $Bi_{зам}$ і θ_c знаходимо значення Fo (Додаток)
- 11) Розраховуємо тривалість третього періоду процесу замороження (6.10.)
- 12) Розраховуємо повну тривалість процесу за формулою (6.11.)
- 13) Розраховуємо кількість теплоти, що відведено від продукту за формулою (6.12.)

Варіанти індивідуальних завдань до задачі

Таблиця 1.3.

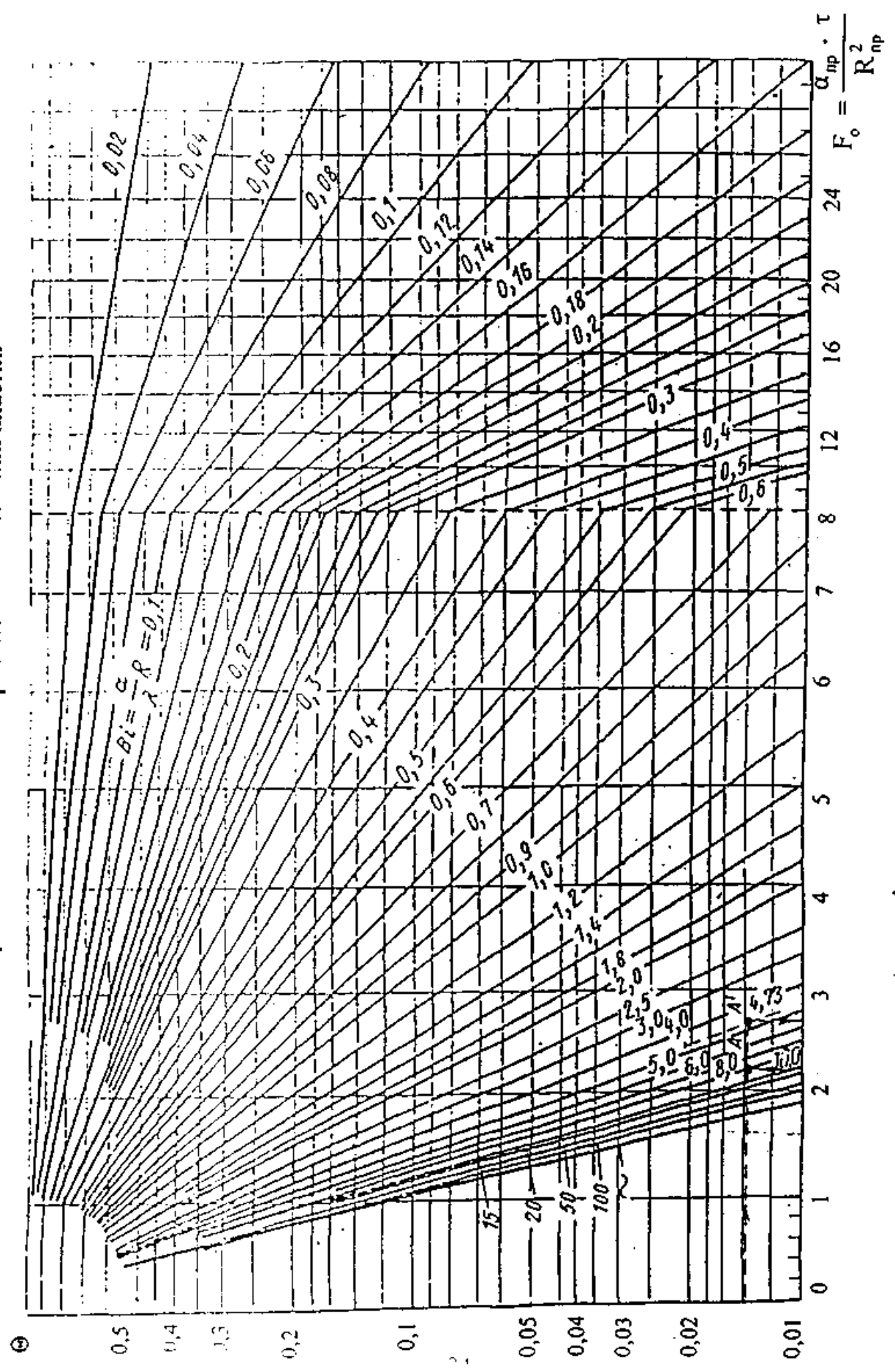
№ з/п	Вид	Фізична модель	Характерний розмір, м	Температура продукту кінцева, $t_{кін}, ^\circ\text{C}$.	Температура охолоджувального середовища, $t_c, ^\circ\text{C}$.	Температура продукту початкова, $t_{п}, ^\circ\text{C}$.	Вид охолоджуючого середовища	Маса продукту, $G_{пр}$, кг
1.	Яблуко	куля	0,06	-21	-28	27	повітря	60
2.	Томати	куля	0,05	-15	-29	18	азот	50
3.	Полуниця	куля	0,03	-20	-35	19	діоксид вуглецю CO_2	45
4.	Морква	циліндр	0,04	-14	-24	20	повітря	40
5.	Картопля	пластина	0,04	-16	-28	22	Розчин CaCl_2	30

Теплофізичні характеристики харчових продуктів

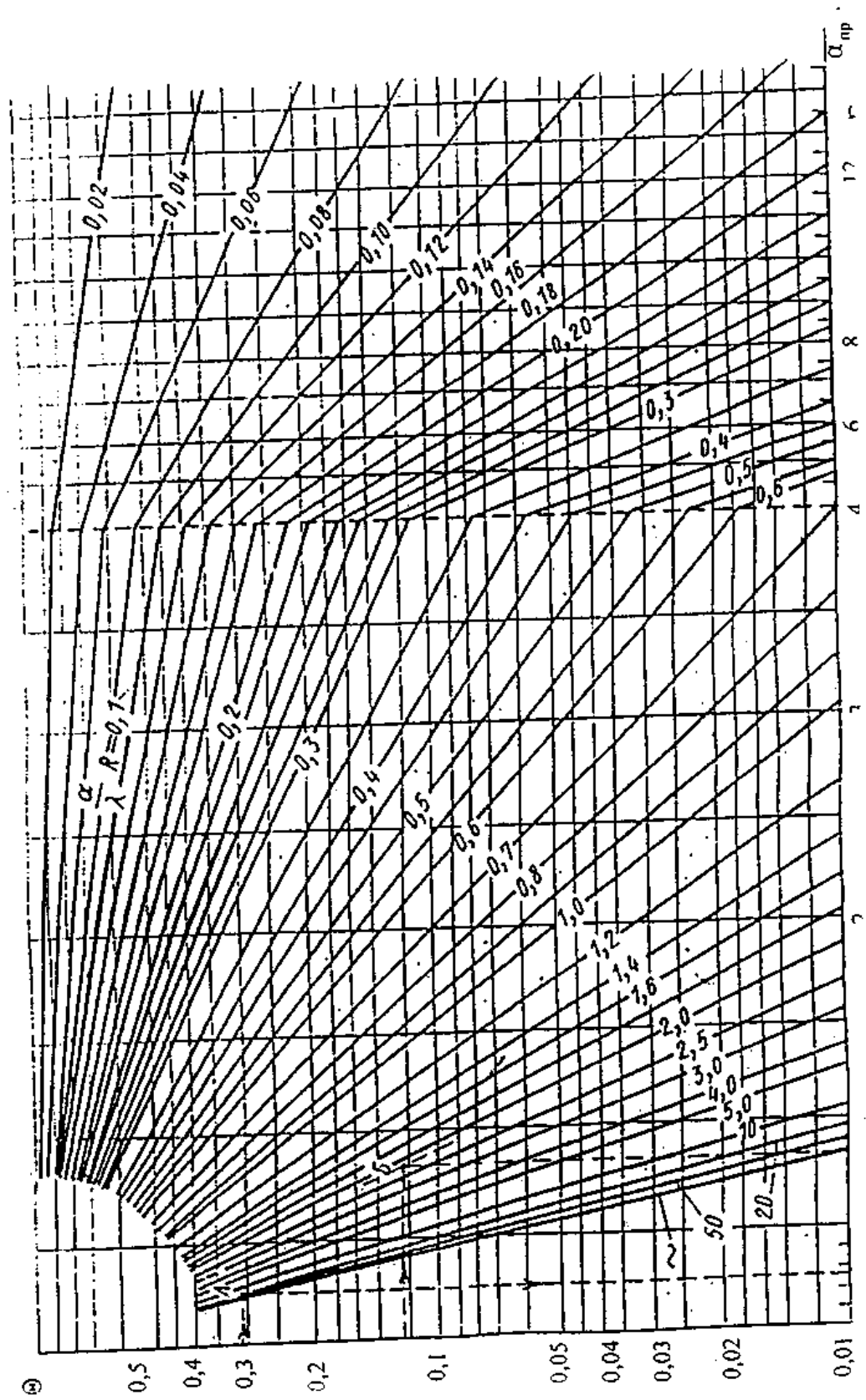
Таблиця 1.4.

Найменування продукту	Вологомісткість, $W, \%$	Кріоскопічна температура, $t_{кр}, ^\circ\text{C}$	Щільність γ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Теплоємність, C , $[\text{кДж}/\text{кгК}]$, при температурі		Коефіцієнт теплопровідності, λ , $[\text{Вт}/\text{м К}]$ при температурі	
				нижче $t_{кр}$	вище $t_{кр}$	нижче $t_{кр}$	вище $t_{кр}$
Картопля	74	-1,2	920-1020	1,68-1,8	3,43-3,68	1,09	0,58
Томати	94-95	-0,9	940-1064	2,05-2,09	3,98-4,05	2,16	0,51-0,57
Яблука	84,1	-1,5	804-889	1,88	3,64-3,85	1,45	0,45-0,6
Полуниця	89,9	-0,9	840-900	1,75	3,85	1,1	0,48
Морква	78-79	-1,6	970-1035	1,93	3,77	1,3	0,46

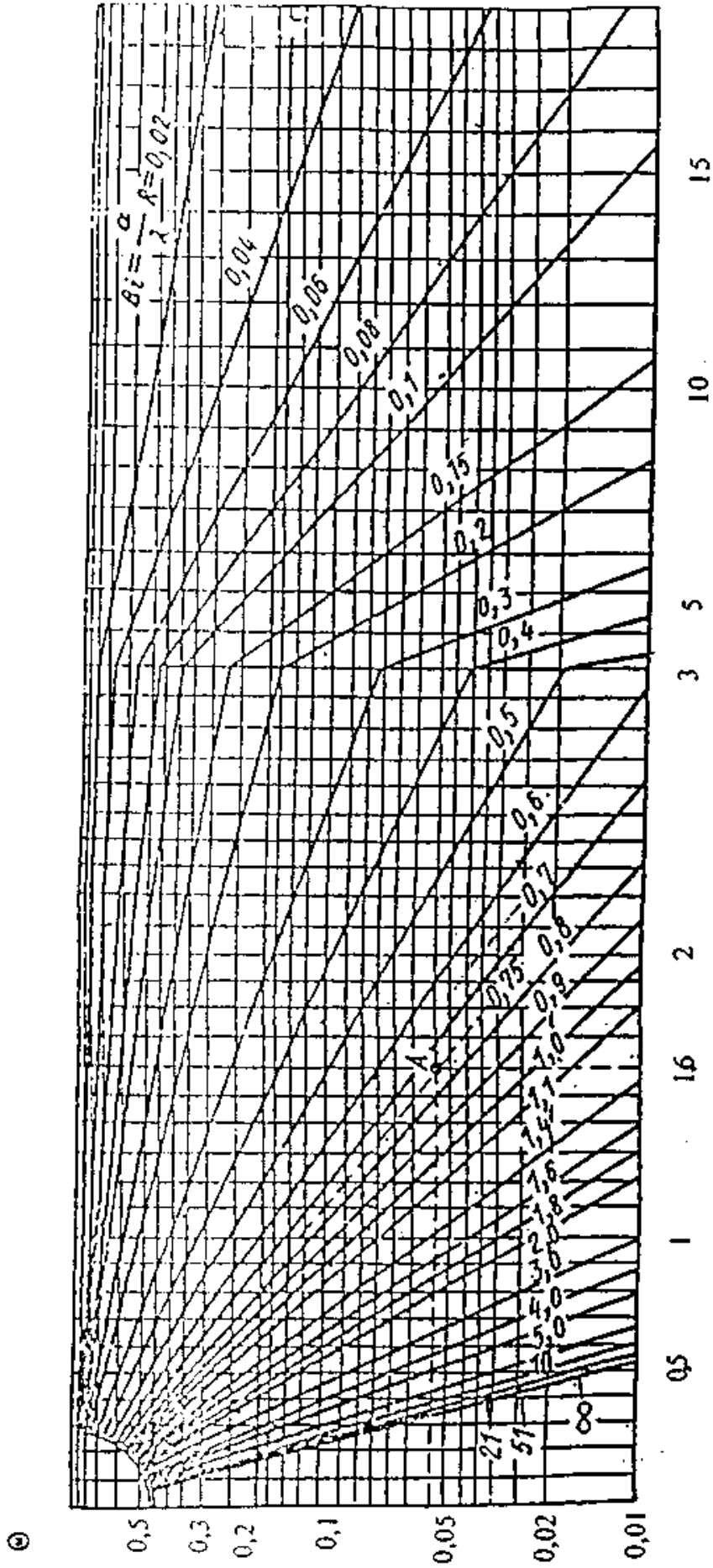
Номограма для визначення тривалості охолодження пластини



Номограма для визначення тривалості охолодження шліндру



Номограма для визначення тривалості охолодження кулі



$$F_0 = \frac{\alpha_{np} \cdot T}{R_{np}^2}$$

Ентальпія плодів та овочів при різних температурах (в кДж/кг)

Температура продукту, °С	Абрикоси, виноград, вишня	Фрукти та плоди інших видів	Овочі
-20	0	0	0
-18	7,5	6,7	7,1
-15	20,6	17,2	19,7
-12	36,5	29,8	34,8
-10	49,8	38,5	46,9
-8	66,5	51,0	62,4
-5	116,0	82,9	105,3
-3	202,2	139,0	178,8
-2	229,0	211,0	221,0
-1	232,6	267,9	224,4
0	235,8	271,7	227,4
1	239,5	274,3	230,8
2	242,9	279,0	234,0
4	250,2	286,7	240,9
8	264,5	302,0	254,4
10	271,8	308,8	264,0
12	278,6	317,0	267,9
15	289,6	328,0	277,8
20	307,0	346,5	294,8
25	325,5	365,6	311,0
30	343,0	384,8	328,0
35	360,5	403,0	344,6
40	378,0	421,0	361,4

ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: «Визначення кріогідратних температур рідких охолоджуючих середовищ»

Мета заняття: Вивчити умови замерзання рідкого проміжного охолоджуючого середовища (ПОС) і проникнення його компонентів при холодильній обробці в харчові продукти.

Питання до самоперевірки:

1. Від чого залежить замерзання рідких ПОС?
2. Що таке кріогідратна температура і від чого вона залежить?
3. Який мають вигляд температурні графіки заморожування чистих речовин і водних розчинів солей?
4. Що таке кріогідратна точка?
5. В ожеледицю вулиці посипають сіллю. При яких температурах зовнішнього повітря це приведе до танення льоду?
6. Як можна знайти температуру замерзання суміші двох розчинів?

Теоретичне обґрунтування роботи

Охолоджуючі середовища, в яких відбуваються процеси холодильної обробки бувають газоподібними, рідкими і твердими. Використання рідкого середовища значно скорочує тривалість холодильної обробки. Рідке середовище володіє більшою теплопровідністю і теплоємністю, ніж газоподібне, а також високий коефіцієнт тепловіддачі α_t . Високе значення α_t рідини дає можливість швидко провести заморожування, значно зменшивши об'єм гістологічних порушень в структурі тканини. Цим забезпечується краща якість заморожених продуктів.

Рідкі ПОС широко застосовувались для заморожування риби, субпродуктів. В даний час розповсюджено заморожування овочів у розчині повареної солі. В якості рідких ПОС можливо застосовувати розчини солей (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2), органічних речовин (гліцерина, етиленгліколя, пропіленгліколя), сиропи. В воді можливо охолоджувати харчові продукти до температури трохи вище 0°C , розчини мають більш низьку температуру заморожування.

Згідно закону Рауля, температурна депресія водних розчинів (або зниження температури заморожування розчину в порівнянні з розчинником) має наступну залежність:

$$\Delta t_{\text{кр} \check{e}} = \frac{C}{m} \cdot 1,86 \quad (7.1.)$$

- де C – концентрація розчинної речовини у 1000 г розчинника, г;
 m – молекулярна маса розчинної речовини;
1,86 – кріоскопічна постійна води, $\text{кг} \times \text{град} / \text{моль}$.

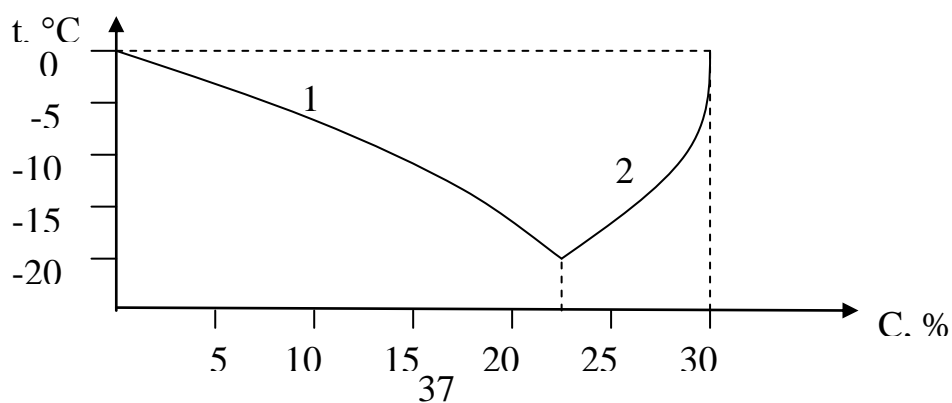
Відповідно, температура замерзання водних розчинів залежить від концентрації та властивостей розчинної речовини. В табл. 1 наведена залежність температур замерзання (t , °C) розчинів солей та деяких органічних речовин від їх концентрації (C , %) у відсотках по масі розчинної речовини (1 г на 100 г розчину).

Таблиця 1

Найменування речовини	Позначення	Значення C , % та t , °C							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Гліцерин	C	10	20	30	40	50	60	70	80
	t	-1,6	-5,0	-9,5	-15,4	-23,0	-34,7	-38,9	-40,9
Етиловий спирт	C	11,3	18,8	20,3	22,1	24,2	26,7	29,9	33,8
	t	-5,0	-9,4	-10,6	-12,2	-14,0	-16,0	-18,9	-23,6
	C	39,0	46,3	56,1	71,9				
	t	-28,7	-33,9	-41,8	-51,3				
MgCl ₂	C	1,4	2,6	3,7	4,9	6,1	7,2	8,3	9,4
	t	-0,7	-1,4	-2,2	-3,1	-4,0	-5,0	-6,0	-7,2
	C	10,5	11,6	12,7	13,8	14,9	16,0	17,0	18,0
	t	-8,7	-10,3	-12,3	-14,5	-17,1	-19,1	-22,9	-26,0
	C	19,1	20,6						
	t	-21,1	-33,6						
NaCl	C	1,5	2,9	4,3	5,6	7,0	8,3	9,6	11,0
	t	-0,9	-1,8	-2,6	-3,5	-4,4	-5,4	-6,4	-7,5
	C	12,3	13,6	14,9	16,2				
	t	-8,6	-9,8	-11,0	-12,2				
	C	17,5	18,8	20,0	21,2	22,4	23,1		
	t	-13,6	-15,1	-16,6	-18,2	-20,0	-21,2		

Із табл. 1 видно, що температура замерзання розчинів залежить не тільки від концентрації, але й від властивостей розчиненої речовини. Тому інтенсифікувати процес охолодження можливо шляхом підбору речовин, розчини яких мають найбільш низьку температуру замерзання.

При охолодженні чистих рідин і однокомпонентних водяних розчинів заморожування відбувається при постійній температурі, яка називається температурою замерзання. У двокомпонентному розчині (вода + гліцерин або інші речовини) зв'язок між ваговою концентрацією і температурою замерзання зображується наступною діаграмою.



Якщо взяти розчин NaCl низької концентрації та охолодити його, концентрація не зміниться, доки температура не досягне відповідного значення (нижче 0 (крива виділення льоду 1). При цьому починає виділятися розчинник у вигляді льоду, концентрація збільшується, а температура замерзання розчину знижується, процес виділення води у вигляді льоду та підвищення концентрації розчину продовжується до температури криогідратної точки 3, при якій розчин замерзає у вигляді однорідної суміші ($t=-21,2^{\circ}\text{C}$; $C=23,1\%$). Якщо охолоджувати нагрітий розчин NaCl високої концентрації, то спочатку концентрація його майже не змінюється, а потім виділяється сіль (крива 2), і концентрація зменшується доки не досягне криогідратної точки 3. Цей розчин являє собою механічну суміш найдрібніших кристалів водного льоду і солі. Найнижча криоскопічна температура, при якій замерзає евтектичний розчин даної солі, називається криогідратною. Тому з підвищенням концентрації розчиненої речовини знижується криогідратна температура.

Але поряд з позитивними сторонами заморожування у рідких ПОС існує декілька негативних моментів, до яких в першу чергу слід віднести: видужування білі проникнення компонентів середовища в продукцію: обумовлює появу солодкого присмаку (NaCl), появу гіркоти (MgCl_2), жорсткості (CaCl_2) і т.д.

Разом з цим встановлено, що при заморожуванні в межах температур, близьких до криогідратних проникнення солі в продукт вдається уникнути. Якщо температура розчину нижче температури замерзання даної концентрації солі сіль в продукт не проникає і відповідно може бути знижений негативний вплив рідкого ПОС (ефект Отезена).

Знизити проникнення солі в продукт можна змішуванням двох речовин різної температури замерзання. У такому розчині сіль з більш високою криогідратною температурою замерзання не буде проникати в продукт, а сіль розчину, температура замерзання якого нижче криогідратної температури суміші розчинів почне проникати в продукт. Наприклад, криогідратна температура суміші розчинів NaCl та CaCl_2 дорівнює:

$$t_{крз} = \frac{(t_{крзI} \cdot I_{p-ny} \cdot \text{кіл.част.} \cdot \Pi_{p-ny}) + (t_{крзII} \cdot II_{p-ny} \cdot \text{кіл.част.} \cdot \Pi_{p-ny})}{\text{кіл.част.} \cdot I_{p-ny} + \text{кіл.част.} \cdot II_{p-ny}} \quad (7.2.)$$

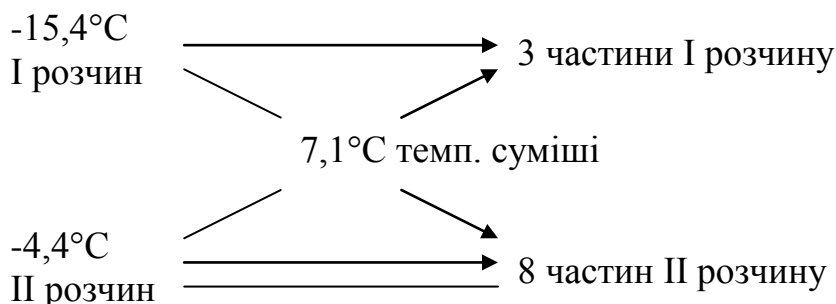
$$t_{крз} = \frac{50(-12,5) + 50(-55,5)}{100} = -34^{\circ}\text{C}$$

Продукт заморожений у такій суміші речовин, не буде просоловатися NaCl, але жорсткість продукту зміниться під впливом CaCl_2

Для того, щоб уникнути цього небажаного ефекту, CaCl_2 можна замінити розчином гліцерину. Гліцерин являє собою рідину з ледь солодким смаком, вона

мас менш виражену проникаючу здатність, легко розчиняється у воді. Вільно може бути видалена з поверхні споліскуванням, небажаних змін в харчових продуктах не виникає.

Для того, щоб знайти температуру замерзання суміші двох розчинів по заданим температурам замерзання і концентрованих розчинів застосовують спосіб розрахунку по квадрату змішування, який полегшує розрахунки при приготуванні розсолу. Приклад:



Методика виконання роботи

Обладнання, прибори та матеріали

1. NaCl;
2. Гліцерин;
3. Заморожуюча камера - 1;
4. Термометри зі шкалою від -20 до 15°C ;
5. Колба 250 мл;
6. Бюретка для титрування - 1;
7. 10%-й розчин $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$;
8. 0,1 N розчин азотнокислої закисної ртуті;
9. Дистильована вода;
10. Індикатор - бромфеноловий синій;
11. Ваги технічні (до 1 кг) - 1;
12. Фільтрувальний папір;
13. Піпетка 10 мл;
14. Досліджуєий продукт (свіжі плоди і овочі) – морква, картопля.

1. Приготування робочих розчинів різної концентрації і суміші цих розчинів. При цьому потрібно врахувати, що температура розчину, проникнення якого небажане, повинна бути на $5-8^{\circ}\text{C}$ вища температури замерзання суміші розчинів.

Приклад: якщо температура замерзання суміші -9°C , то розчин NaCl повинен мати температуру замерзання гліцерину - близько -13°C ($\frac{5+13}{2} = 9^{\circ}\text{C}$).

По таблиці 1.5. студенти знаходять концентрації розчинів, при яких можна отримати задані температури замерзання.

лин. Потім об'єм доводять до мітки і фільтрують через вату. 10 мл фільтрату відміряють піпеткою у конічну колбу, додають 1 мл 10%-ного розчину РЬ(НО₃)₂, збовтують, вносять 6-8 крапель індикатора бромфенолового синього. Титрують 0,1н розчином азотнокислої закисної ртуті. Забарвлення фільтрату змінюється від мутно-зеленого через світло-сіре до бузкового.

Вміст солі, в %

$$X = \frac{n \cdot K \cdot 0,005846 \cdot 100 \cdot P}{a \cdot 10} \quad (7.3.)$$

де n – кількість розчину, що пішов на титрування, мл;

K – коефіцієнт поправки до титру розчину;

P – розведення;

a – наважка;

0,005846 – титр азотнокислої закисної ртуті, виражений у відношенні до

10 – об'єм фільтрату, мл

9. На основі отриманих даних будуємо криві у координатах «час-температура»: °С – ось ординат, τ, год – ось абсцис. По кривим знаходять значення температур замерзання. Результати експериментів вносять в табл. 1.6.

Таблиця 1.6.

Робочі розчини				Суміші розчинів		
Назва складових частин	Концентрація, %	Температура замерзання, °С		Співвідношення частин розчину	Температура замерзання, °С	
		Розрахункова	Експериментальна		Розрахункова	Експериментальна
NaCl	8	-5				
Гліцерин	38	-13				

10. Результати визначення вмісту солі у продукті заносять у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7.

Назва продукту	Розмір зразка, см	Температура, °С		Вміст солі, %		
		Початкова	кінцева	до заморожування	після заморожування	після заморожування в суміші розчинів
Морква	1×1×1					
Картопля	2×2×2					

На основі отриманих даних роблять висновки про вплив використовуваних сумішей розчинів різних температур замерзання на просолюваність продукту при заморожуванні в рідких холодоносіях.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Новые технологии витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование в продуктах профилактического действия / Р. Ю. Павлюк, А. И. Черевко, И. С. Гулый и др.; Харьк. гос. Академия технологии и организации питания; Укр. гос. ун-т пищевых технологий – Харьков; Киев, 1997. – 285 с. **ISBN 5-7763-8314-5**
2. Криво- и механохимия в пищевых технологиях: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, В. А. Павлюк, Л. А. Радченко, О. А. Юрьева, Н. Ф. Максимова; Харьк. гос. ун-т пит. и торговли; Харьк. торг.-эконом. инс-т Киевск. нац. торг.-эконом. ун-та; Харьк. торг.-эконом. колледж Киевск. нац. торг.-эконом. ун-та. – Харьков: Факт, 2015. – 255 с. – (Серия «Новое в пищевых технологиях и инновации в здоровом питании») **ISBN 978-966-637-805-0**
3. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини: монографія / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, В. А. Павлюк, Л. О. Радченко та ін.; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі; Харк. торг.-економ. коледж Київськ. нац. торг – економ. ун-ту; Харк. торг.-економ. інс-т Київськ. нац. торг – економ. ун-ту. – Х.: Факт, 2017 – 380 с. – (Серія «Інновації при переробці плодів, овочів і молока») **ISBN 978-966-637-846-3**
4. Нанотехнології «NaturSuperFood» для здорового харчування: монографія / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, В. А. Павлюк, О. С. Бессараб, Н. М. Тимофеева, К. С. Балабай, О. С. Погарський, Т. С. Пономаренко та ін.; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі; Харк. торг.-економ. інс-т Київськ. нац. торг.-економ. ун-ту; Нац. ун-т харч. технол. Харків: Факт, 2019. – 487 с. – (Серія «Інновації при переробці плодів, овочів, грибів та бобових на великих підприємствах та в ресторанному господарстві») **ISBN 978-966-637-920-0**
5. Павлюк Р.Ю. Розробка кріогенної технології заморожування хлорофілмісних овочів / Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський, А.А. Каплун, С.М. Лосева // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Vol. 6/10 (78). – С. 42-47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56111>
6. Pogarska V. Exploring the processes of cryomechanodestruction and mechanochemistry when devising nano-technologies for the frozen carotenoid plant supplements / V. Pogarska, R. Pavlyuk, N. Timofeeva, L. Blenko, T. Stukonozhenko // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – Vol. 6/11 (84). – С. 41-52. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86968>
7. R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, V. Pavlyuk, L. Radchenko, E. Dudnyk, A. Radchenko, T. Kolomiets, studying the complex of biologically active substances in spicy vegetables and designing the nanotechnologies for cryosupplements and nanoproducts with health benefits // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2018. - Vol. 4/11 (94). P. 6-14. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133819>
8. Цуранов О.А., Крысин А.Г. Холодильная техника и технология. - СПб: Лидер, 2004. - 448 с.
9. Рущкий А.В. Холодильная технология обработки и хранения продовольственных продуктов. Минск: Высшая школа, 1991 - 197 с.
10. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. - М: Легкая и пищевая промышленность, 1984 – 240 с.
11. Грубы Я. Производство замороженных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 335 с.
12. Мещеряков Ф.Е. Основы холодильной техники и холодильной технологии. - М. Пищевая промышленность, 1975.
13. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 408 с.

ЗМІСТ

Заняття № 1	Вивчення тривалості та швидкості процесу заморожування харчових продуктів до різних кінцевих температур на вміст БАР.....	3
Заняття № 2	Вивчення консервуючої дії низьких температур на активність окиснювальних ферментів	11
Заняття № 3	Вивчення впливу способів розморожування на зміну вологоутримуючої здатності плодів і овочів, втрати клітинного соку, цілісність клітинної структури	13
Заняття № 4	Вивчення впливу холодильної обробки на інтенсивність біохімічних процесів (процесів дихання) в плодах та овочах	16
Заняття № 5	Вивчення впливу форми та розміру плодів та овочів на тривалість процесу охолодження	21
Заняття № 6	Визначення та розрахунки тривалості заморожування плодів та овочів.....	27
Заняття № 7	Визначення криогідратних температур рідких охолоджуючих середовищ	36
Список рекомендованої літератури.....		42

Навчальне видання

Укладачі:

ПАВЛЮК Раїса Юріївна

ПОГАРСЬКА Вікторія Вадимівна

ПОНОМАРЕНКО Тетяна Сергіївна

ПОГАРСЬКИЙ Олексій Сергійович

ЛОСЕВА Світлана Михайлівна

ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
*спеціалізації «Харчові технології продуктів
з рослинної сировини та молока
для підприємств харчового бізнесу»*

В авторській редакції

Підп. до друку 25.03.2021 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк. офсет.
Ум. друк. арк. 2 Тираж 20 прим.

Надруковано ТОВ «Видавництво «Форт»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців
ДК №333 від 09.02.2001р.
61023, м. Харків, а/с 10325