

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова

Факультет хімії та фармації

Кафедра неорганічної хімії та хімічної екології

ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ

(Модуль 1)

Методичні вказівки до лабораторного практикуму
для студентів IV курсу
денної форми навчання
факультету хімії та фармації

Одеса – 2021

УДК 66.01: 615.012(076)

X46

Укладач:

Труба А.С. – доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної екології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, кандидат хімічних наук

Рецензенти:

Шевченко О.В. – доктор хімічних наук, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Тимчук А.Ф. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

Друкується за рішенням вченої ради факультету хімії та фармації
Одеського національного університету імені І.І. Мечникова
Протокол № 5 від 25 листопада 2020 р.

Хімічна технологія (Модуль 1) : Методичні вказівки до лабораторного практикуму для студентів IV курсу денної форми навчання факультету хімії та фармації / укл. А.С Труба. – Одеса: Друк Південь, 2021. – 32 с.

Методичні вказівки включають 5 лабораторних робіт, які відповідають змістовому модулю 1 «Основні закономірності хімічної технології». При виконанні лабораторних робіт №№ 1–3 студенти засвоюють теоретичні аспекти масообмінних процесів, а при виконанні робіт №№ 4–5 студенти мають можливість вивчити основні технічні характеристики жирів та вуглеводів. Методичні вказівки до лабораторного практикуму призначені для студентів IV курсу факультету хімії та фармації, що навчаються за спеціальністю 014 «Середня освіта (Хімія)» та 102 «Хімія».

© А.С. Труба, 2021

Зміст

1. ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ МАСОПЕРЕДАЧІ.....	5
<i>Лабораторна робота №1.</i>	
Дослідження процесу сорбції в апараті газліфтного типу.....	5
1.1. Опис експериментальної установки.....	6
1.2. Визначення залежності гідравлічного опору «сухого» та «мокрого» апарату від витрати повітря.....	8
1.3. Визначення вмісту CO ₂ в газоповітряній суміші.....	8
Питання для самостійного опрацювання.....	10
<i>Лабораторна робота № 2.</i>	11
Приготування і аналіз настоянки валеріани.....	11
2.1. Аналіз рослинної сировини	11
2.1.1. Визначення вологості сировини	11
2.1.2. Визначення екстрактивних речовин лікарської рослинної сировини.....	12
2.2. Приготування настоянки валеріани методом вихрової екстракції.....	13
2.3. Аналіз готового продукту.....	14
2.3.1. Кількісне визначення валеріанової кислоти.....	14
2.3.2. Визначення сухого залишку в готовому продукті і коефіцієнта поглинання сировини.....	14
Питання для самостійного опрацювання.....	15
<i>Лабораторна робота № 3.</i>	
Приготування і аналіз настоянки м'яти перцевої.....	16
3.1. Приготування настоянки м'яти методом перколяції	17
3.2. Аналіз готового продукту.....	18
3.2.1. Кількісне визначення м'ятного масла в продукті методом висолювання.....	18
3.2.2. Визначення сухого залишку в готовому продукті і коефіцієнта поглинання сировини.....	18
Питання для самостійного опрацювання.....	19
2. ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	21
<i>Лабораторна робота № 4.</i>	
Технічний аналіз жирів	21
4.1. Визначення кислотного числа	21
4.2. Визначення числа омилення	22
4.3. Визначення ефірного числа	23
4.4. Визначення йодного числа.....	23
Питання для самостійного опрацювання.....	26

Лабораторна робота № 5.

Технічний аналіз сахаридів.....	27
4.1. Визначення глюкози	27
4.2. Визначення вмісту редукуючих сахаридів.....	28
Питання для САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ.....	31
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	32

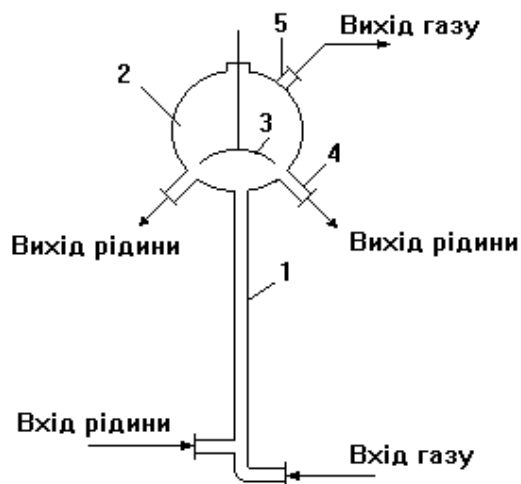
1. ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ МАСОПЕРЕДАЧІ

Лабораторна робота №1

Дослідження процесу сорбції в апараті газліфтного типу

Мета роботи: вивчення впливу різних факторів на процес абсорбції газу рідиною в газліфтному апараті, визначення гідравлічного опору та коефіцієнту масопередачі.

Газліфтний апарат складається з трьох основних частин: пристрою вводу газового та рідинного потоків; ліфтової труби; роздільника рідини та газу. Конструкція газліфтного апарату показана на рис. 1.



р. 1. Конструкція газліфтного апарату:
1 – ліфтова труба; 2 – роздільник рідини та газу; 3 – відбійник рідини; 4 – штуцери для відведення рідини; 5 – патрубков для відведення газу

Газовий та рідинний потоки надходять в нижню частину апарату (сопло). Тут газовий потік змішується з рідиною та транспортує рідину наверх по ліфтовій трубі. Газорідинна емульсія, що утворюється при змішуванні потоків, з ліфтової труби надходить в роздільник. Підйом рідини в апараті проходить під дією рушійної сили газу, що підіймається. Точками прикладення цієї сили є поверхня рідини, що стикається з газом. Дія цієї сили здійснюється безпосередньо тиском та тертям газу об рідину.

Простота конструкції, відсутність механічних частин, що рухаються, низькі витрати на поточне обслуговування та ремонт, роблять газліфтний апарат

досить зручним для підйому рідини, яка забруднена піском чи іншими твердими частками. Одним з недоліків газліфту, як транспортного апарату, є низький коефіцієнт корисної дії, що залежить від ряду факторів і частково від втрат за рахунок ковзання. Це виявляється в тому, що частина рідини, піднята угору по трубі газліфту, стікає потім донизу. Вказане явище, що є негативною стороною для процесів транспортування рідини, позитивно діє при застосуванні газліфта, як сорбційного апарату. Так як при стіканні рідини проходить додаткове зіткнення рідини з газовим потоком, що приводить до постійного інтенсивного оновлення контакту фаз.

Експериментальна частина

В ході виконання лабораторної роботи необхідно:

1. Визначити гідравлічний опір сухого та зрошеного абсорберу при різних витратах газоповітряної суміші та абсорбенту.
2. Визначити коефіцієнту масопередачі при абсорбції вуглекислого газу рідиною.
3. Обробити дослідні дані та скласти звіт.

1.1. Опис експериментальної установки

Газліфтний апарат виготовляється зі скла і має такі розміри: висота ліфтової труби $H = 1$ м, діаметр ліфтової труби $D = 0,03$ м, реакційний об'єм апарату $V = 7 \cdot 10^{-4}$ м³. Принципова схема установки для дослідження роботи газліфтного апарату показана на рис. 2.

Рух газового та рідинного потоків на установці здійснюється так. Атмосферне повітря від компресору 3 та дослідний газ з балону 2 надходить в змішувач 6. Витрата повітря вимірюється реометром 4, а витрата дослідного газу – реометром 5. Витрати повітря та дослідного газу регулюють за допомогою байпасних вентилів 10 і 11. В змішувачі 6 проходить змішування газу з повітрям, після чого газоповітряна суміш крізь трійник подається в нижню частину ліфтової труби. Туди ж, в нижню частину апарату, подається рідина. Витрата

рідини вимірюється ротаметром 7. Регулювання витрати рідини здійснюється за допомогою вентиля 9a на лінії подачі рідини.

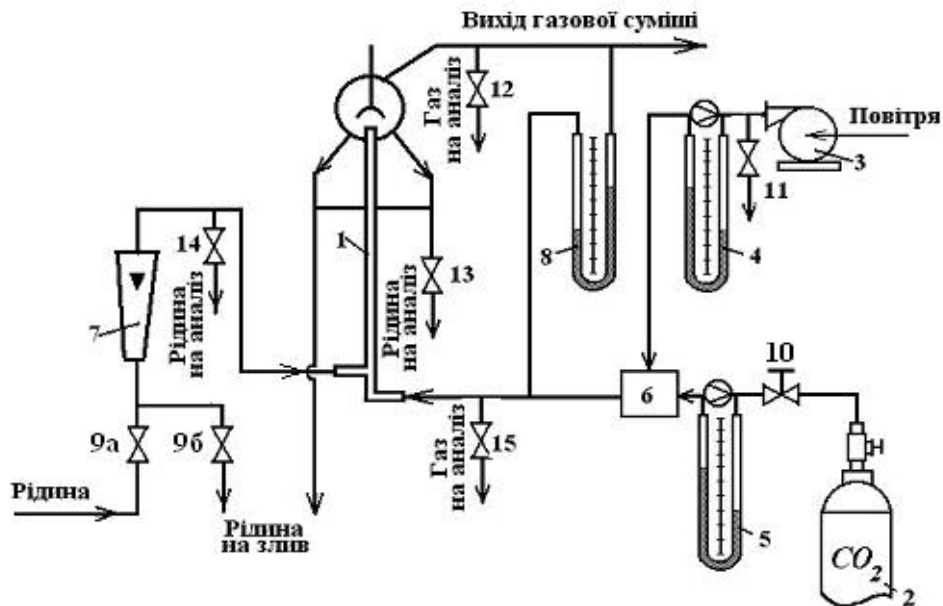


Рис. 2. Принципова схема установки для дослідження роботи газліфтного апарату:
1 – газліфтний апарат; 2 – балон з газом; 3 – компресор; 4, 5 – реометри витрати повітря та газу; 6 – змішувач; 7 – ротаметр; 8 – ртутний манометр; 9–11 – крани регулювання газового та рідинних потоків; 12–15 – крани для відбору проб на аналіз

В ліфтовій трубі апарату проходить інтенсивне змішування газоповітряного та рідинного потоків. Газовий потік транспортує рідину вгору по ліфтовій трубі, при цьому водночас протікає абсорбційний процес. Газорідинна емульсія, що піднялася по ліфтовій трубі, надходить в розподільник, де проходить відокремлення газу від рідини. Рідина за допомогою відбійника рідини направляється в нижню частину розподільного пристрою і по двом штуцерам відводиться на злив. Газ, огинаючи відбивач, крізь верхній патрубок виводиться за межі установки. Гідравлічний опір газліфтного апарату вимірюється манометром 8. Відбір проб для аналізу газової суміші на склад досліджуваного газу на вході та виході з апарату здійснюється за допомогою кранів 12 і 15. Рідина для аналізу на вміст в ній досліджуваного газу здійснюється за допомогою кранів 13 і 14.

1.2. *Визначення залежності гідравлічного опору «сухого» та «мокрого» апарату від витрати повітря*

Визначення гідравлічного опору сухого та зрошуваного абсорберу при різних витратах газоповітряної суміші та абсорбенту проводиться згідно технологічним схемам установок. Кількість паралельних вимірювань не менше п'яти. Всі результати вимірювань зводять в таблиці 1. Отримані результати усереднюють і за ними будують 4 графічні залежності, відображаючи їх на одному графіку.

Таблиця 1

Визначення залежності гідравлічного опору абсорберу від витрати повітря при сталій витраті абсорбенту

Витрата повітря	20	40	60	80	100	мм. вод. ст.	
						л/хв	
Гідравлічний опір “сухого” апарату, Па						$H_1 = 0$	Витрата абсорбенту – 0,1 % розчину NaOH
Гідравлічний опір “мокрого” апарату, Па						H_2	
						H_3	
						H_4	

1.3. *Визначення вмісту CO_2 в газоповітряній суміші*

Визначення вмісту CO_2 в газоповітряній суміші на вході та виході з абсорберу проводять титруванням розчином гідроксиду барію. Методика полягає в наступному. Спочатку збирають систему відбору проб (рис. 3), що складається зі склянок Дрекселя 1, заповнених поглинаючим розчином, та електроаспіратора 2. За допомогою аспіратора газ, що аналізують, поступово проходить крізь склянки з поглинаючим розчином з об'ємною швидкістю 1 л/хв. Час відбору проб фіксується секундоміром.

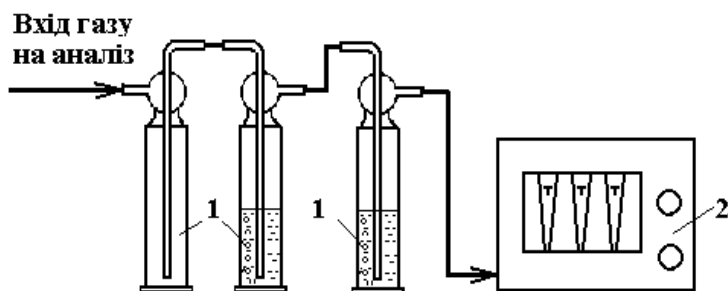
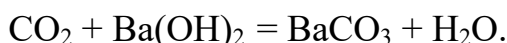


Рис. 3. Схема відбору проб для аналізу:

- 1 – склянка Дрекслея;
2 – електроаспіратор

При сорбції CO_2 розчином $\text{Ba}(\text{OH})_2$, взятого в надмірній кількості, проходить реакція:



Надлишок гідроксиду барію відтитровують щавлевою кислотою в присутності фенолфталеїну до знебарвлення.

Вміст CO_2 в об'ємних відсотках розраховують за формулою

$$\% \text{ об. } \text{CO}_2 = \frac{1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot (a \cdot K - b)}{V_0},$$

де a – об'єм 0,1 н розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, взятого для поглинання CO_2 (25 мл); K – поправочний коефіцієнт до концентрації $\text{Ba}(\text{OH})_2$; b – об'єм 0,1 н розчину $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$, необхідний для титрування надлишку розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, мл; $1,12 \cdot 10^{-3}$ – кількість CO_2 , еквівалентна 1 мл 0,1 н розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, л; V_0 – об'єм пропущеного газу, приведений до нормальних умов.

Розрахунок коефіцієнта масопередачі проводиться за формулою:

$$K = \frac{G_{\text{CO}_2}}{V_{\text{тр}} \Delta P_{\text{ср}}}, \text{ де } V_{\text{тр}} = \frac{\pi D^2 H}{4},$$

D – діаметр ліфтової труби, $D = 0,015$ м; H – висота ліфтової труби, $H = 1,4$ м.

Отримані дані та розрахунок параметрів узагальнюють в таблиці 2.

Таблиця 2

Визначення коефіцієнту масопередачі в абсорбційному апараті

Витрата повітря	_____ в од. приладу	_____ в л/хв
Витрата CO ₂	_____ в од. приладу	_____ в л/хв
Витрата газоповітряної суміші	_____ сумарна витрата повітря і CO ₂	_____ в л/хв
Результати аналізу на вміст CO ₂ в газоповітряній суміші	Титрування 0,1 н щавелевою кислотою у присутності фенолфталеїну	$C = \frac{0,112 \cdot (a \cdot K - b)}{V_o}$ %
на вході	_____ мл 0,1 н кислоти (b)	_____ %
на виході	_____ мл 0,1 н кислоти (b)	_____ %
Маса абсорбованого CO ₂ , кг	$G_{CO_2} = \frac{Q_{ГПС} (C_{ВХ} - C_{ВИХ}) \cdot 60 \cdot 44}{100 \cdot 22400}$	
Ступінь поглинання CO ₂ , %	$\eta = \frac{C_{ВХ} - C_{ВИХ}}{C_{ВХ}} \cdot 100$	
Барометричний тиск P _б , Па		
Гідравлічний опір абсорберу Δр, Па		
Парціальний тиск CO ₂ в газовій суміші на вході P _{вх} , Па	$P_{ВХ} = \frac{C_{ВХ}}{100} (P_{бар} - \Delta p)$	
Парціальний тиск CO ₂ в газовій суміші на виході P _{вих} , Па	$P_{ВИХ} = \frac{C_{ВИХ}}{100} P_{бар}$	
Середня рушійна сила процесу ΔP _{ср} , Па	$\Delta P_{ср} = \frac{P_{ВХ} - P_{ВИХ}}{2,3 \cdot \lg \frac{P_{ВХ}}{P_{ВИХ}}}$	
Коефіцієнт масопередачі, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}$	K = _____	

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Класифікація масообмінних процесів. Рівновага між фазами та робоча лінія процесу масообміну.
2. Основне рівняння масопередачі. Механізми масообмінних процесів та їх характеристики.
3. Що називають адсорбцією (адсорбтивом, адсорбентом, адсорбатом). Прийоми інтенсифікації адсорбційних процесів за участю газової фази.
4. Класифікація масообмінних апаратів.

Лабораторна робота № 2.

Приготування і аналіз настоянки валеріани

Мета роботи: Практичне засвоєння технологічного процесу приготування настоянки валеріани методом вихрової екстракції. Аналіз готового продукту.

Застосування: Валеріана застосовується як заспокійливий, регулюючий засіб при найрізноманітніших порушеннях діяльності центральної нервової системи, невротичних станах збудження, епілепсії, гіпертонії. При базедовій хворобі валеріана усуває у хворих тяжке суб'єктивне відчуття жару в тілі, пульсації в різних частинах тіла, серцебиття, тривоги, болі в серці. При безсонні застосування бромідів спільно з валеріаною забезпечує хворому спокійний сон.

Характеристика готового продукту: настоянка валеріани це прозора рідина червоно-бурого кольору (темніє під впливом сонячного світла), характерного ароматного запаху і солодкувато-гіркого смаку. Сухий залишок не менше 3%, спирту не менше 65%, валеріанової кислоти не менше 0,2%.

Пакування: У балонах скляних по 20 л і у флаконах по 25-50 мл.

Зберігання: У добре закупореній тарі, в прохолодному, захищеному від світла місці.

Експериментальна частина

В ході виконання лабораторної роботи необхідно:

1. Провести аналіз сировини.
2. Приготувати настоянку валеріани методом вихрової екстракції.
2. Провести аналіз готового продукту.
3. Оформити звіт по роботі і зробити висновки.

2.1. Аналіз рослинної сировини

2.1.1. Визначення вологості сировини

Під вологістю сировини розуміють втрату в масі за рахунок гігроскопічної вологи і летких речовин, яку визначають в сировині при висушуванні до сталої маси.

Аналітичну пробу сировини подрібнюють до розміру часток близько 10 мм, перемішують і беруть дві наважки масою 3–5 г, зважені з похибкою $\pm 0,01$ г. Кожну наважку поміщають в попередньо висушений і зважений з кришкою бюкс і ставлять в нагріту до 100–105 °С сушильну шафу. Час висушування відраховують з того моменту, коли температура в сушильній шафі знову досягне 100–105 °С. Перше зважування коренів проводять через 3 години. Висушування проводять до сталої маси. Сталість маси вважається досягнутою, коли різниця між двома наступними зважуваннями після 30 хв. висушування і 30 хв. охолодження в ексікаторі не перевищує 0,01 г.

Вологість сировини (X) у відсотках обчислюють за формулою:

$$W = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m}, \%$$

де m – маса сировини до висушування, г; m_1 – маса сировини після висушування, г.

За остаточний результат визначення приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, обчислених до десятих часток відсотків. Допустима розбіжність не більше 0,5%.

2.1.2. Визначення екстрактивних речовин лікарської рослинної сировини

Для визначення екстрактивних речовин в лікарській рослинній сировині близько 1 г подрібненої сировини просіяного через сито з отворами діаметром 1 мм поміщають в конічну колбу об'ємом 200–250 мл, додають 50 мл розчинника, колбу закривають пробкою, зважують з похибкою $\pm 0,01$ г і залишають на 1 годину. Потім колбу з'єднують зі зворотним холодильником, нагрівають, підтримуючи постійне кипіння, протягом двох годин. Після охолодження колбу з вмістом знову закривають тією ж пробкою. Зважують, а втрату маси доповнюють розчинником. Вміст колби ретельно збовтують і фільтрують через сухий паперовий фільтр в суху колбу об'ємом 150–200 мл. 25 мл фільтрату піпеткою переносять у попередньо висушену при температурі

100-105 °С до сталої маси і точно зважену порцелянову чашку діаметром 7-9 см і випарюють на водяній бані насухо. Чашку з залишком сушать при температурі 100-105 °С до сталої маси, потім охолоджують протягом 30 хвилин в ексікаторі, на дні якого знаходиться безводний хлорид кальцію, і швидко зважують.

Вміст екстрактивних речовин у відсотках в перерахунку на абсолютно суху речовину обчислюють за формулою:

$$E.p. = \frac{m \cdot 200 \cdot 100}{m_1 \cdot (100 - W)}, \%$$

де m – маса сухого залишку, г; m_1 – маса сировини, г; W – втрата маси при висушуванні сировини, %.

2.2. Приготування настоянки валеріани методом вихрової екстракції

Для отримання 25 мл настоянки 5 г подрібнених коренів валеріани (1–8 мм) поміщають в колбу з притертою пробкою і заливають 30–33 мл 70% спирту. Включають електричну мішалку і проводять екстракцію протягом 15 хвилин, потім вимикають апарат і залишають на 10 хвилин. Екстрагування повторюють 4 рази. Таким чином, вихрове екстрагування (без урахування перерв на відстоювання) складає 60 хвилин. Вилучений продукт зливають в циліндр через лійку з двошаровою марлевою серветкою і ватою. Записують об'єм отриманого екстракту, потім віджимають сировину і віджату рідину додають до настоянки. У разі отримання настоянки менше 25 мл сировину промивають 70% спиртом, віджимають і додають до настоянки. Отриману настоянку переливають в склянку, щільно закривають пробкою і дають відстоятися в прохолодному місці 3–4 доби. Потім настоянку фільтрують через сухий складчастий фільтр у суху склянку. Проводять аналіз отриманого продукту.

2.3. Аналіз готового продукту

2.3.1. Кількісне визначення валеріанової кислоти

До 10 мл настоянки додати 150 мл дистильованої води, 10 крапель індикатора фенолфталеїну та розділити розчин на дві частини. Першу частину титрувати 0,1 н розчином гідроксиду натрію до стійкої зміни забарвлення. Другу частину розчину використовувати для порівняння забарвлення. Після титрування першу частину розчину не виливати, а використовувати при титруванні другої частини розчину до отримання ідентичного забарвлення. Результати першого та другого титрування підсумовують і розраховують кількість валеріанової кислоти в отриманій настоянці за формулою:

$$X = \frac{V \cdot 0,01021 \cdot 100}{10 \cdot \rho}, \%$$

де V – об'єм 0,1 н розчину NaOH, який пішов на титрування, мл; 0,01021 – кількість грам валеріанової кислоти, що відповідає 1 мл 0,1 н NaOH; ρ – густина отриманої настоянки, г/мл (густина настоянки визначають пікнометричним методом).

2.3.2. Визначення сухого залишку в готовому продукті і коефіцієнта поглинання сировини

5 мл настоянки відміряють піпеткою і переносять у попередньо висушений до сталої маси бюкс висотою 2-3 см та діаметром 5-6 см. Настоянку випарюють на водяній бані і сушать в сушильній шафі 2 год. при 100–105 °С. Перенести бюкс із закритою кришкою в ексикатор на 1 годину. Після охолодження закритий бюкс зважити. Сухий залишок розраховують у відсотках за формулою:

$$C.з.\% = \frac{M_{с.з.} \cdot 100}{V \cdot \rho}, \%$$

де $M_{с.з.}$ – маса сухого залишку, г; V – об'єм настоянки, мл; ρ – густина настоянки, г/мл.

Розрахунок коефіцієнта поглинання сировини проводиться за формулою:

$$K = \frac{M_2}{M_1},$$

де M_1 – маса взятої для екстракції сировини; M_2 – маса сировини після екстрагування, яка сумарно дорівнює масі взятої сировини для екстракції M_1 і масі спирту, утриманого сировиною після першого зливу.

Результати виконання роботи оформлюються у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3

Взято для екстракції	Стадії і операції	Умови проведення операцій і отримані результати
Спирту 96% _____ мл. Води дистил. _____ мл.	Розведення спирту до 70%	Потрібно отримати 30-33 мл 70%-вого спирту
Коріння валеріани $m_1 = 5$ г	1. Просіювання	
	2. Подрібнення великої фракції до 1–8 мм	
	3. Екстрагування	4 цикли по _____ хв., Всього _____ хв.
	4. Відстоювання	4 цикли по _____ хв., Всього _____ хв.
	5. Перше зливання	_____ мл
	6. Віджимання та промивання сировини	Витрачено _____ додатково 70% -вого спирту _____ мл
	7. Відстоювання	_____ діб
	8. Фільтрування	Вказати умови!
	9. Аналіз готового продукту	Густина настоянки _____ г/мл Валеріанової кислоти _____ % Сухий залишок _____ % Вологість сировини _____ % Вміст екстрактивних речовин _____ %
	Коефіцієнт поглинання сировини	$K =$ _____

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Області застосування настоянки валеріани.
2. Масообмін за участю твердої фази. Середня рушійна сила та засоби інтенсифікації процесів масопередачі.

3. Способи інтенсифікації процесу екстракції в системі «рідина–тверде тіло»: вплив температурного фактору, інтенсивності перемішування, зміни концентрації та природи екстрагенту.
4. Основні стадії процесу екстрагування в системі "рідина–тверде тіло".
5. Особливості добування настоянки зі свіжої та висушеної сировини.
6. Як визначити вологість вихідної сировини та вміст у ній екстрактивних речовин?
7. У чому полягає вихровий метод приготування настоянки валеріани?
8. У чому полягає метод кількісного визначення валеріанової кислоти в настоянці?
9. Яким чином визначається сухий залишок в готовому продукті і коефіцієнт поглинання сировини при приготуванні настоянки валеріани?

Лабораторна робота № 3

Приготування і аналіз настоянки м'яти перцевої

Мета роботи: Практичне засвоєння технологічного процесу приготування настоянки м'яти перцевої методом перколяції. Аналіз готового продукту.

Застосування. Настоянка м'яти перцевої застосовується як болезаспокійливий засіб при невралгічних болях. Застосовується по 10-15 крапель проти нудоти і блювоти, як коригенти в мікстуру.

Характеристика готового продукту. Настоянка м'яти перцевої є прозорою рідиною зеленого кольору із запахом і смаком перцевої м'яти. Вміст етилового спирту в настоянці не менше 81%. Вміст м'ятного масла в настоянці – 5%.

Упаковка. У балонах скляних по 20 кг і у флаконах по 10, 15, 25 мл.

Зберігання. У добре закупорених балонах, в захищеному від світла місці.

Експериментальна частина

В ході виконання лабораторної роботи необхідно:

1. Приготувати 25 мл настоянки м'яти методом перколяції.
2. Провести аналіз готового продукту за завданням викладача.
3. Зробити висновки за результатами проведеної роботи.

3.1. Приготування настоянки м'яти перцевої методом перколяції

1,25 г подрібненого листа м'яти перцевої (фракції 1-8 мм) і відсіяного від пилу поміщають в широкогорлу баночку з притертою пробкою і зволожують 2,5 мл 90% спирту. Сировину перемішують скляною паличкою для рівномірного зволоження і залишають для набухання на 4 години. Набряклі листя переносять в перколятор (рис. 4), на дно якого попередньо поміщають 3-4-шаровий шматочок марлі для запобігання засмічення крану частинками сировини.

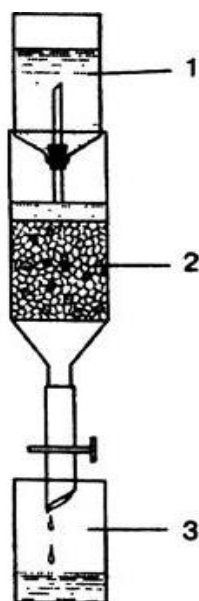


Рис. 4. Перколятор:

1 – екстрагент; 2 – сировина; 3 – приймач

Сировину утрамбовують скляною паличкою і заливають екстрагентом. Для витіснення повітря з покладеної сировини заповнення перколятора екстрагентом здійснюють при злегка відкритому крані перколятора. Рідину, що витекла, наливають назад в перколятор. Потім кран закривають і доливають екстрагент до утворення шару екстрагенту над сировиною товщиною 1-2 см. Перколятор закривають і залишають для настоювання на 24 години. Через добу настоянку зливають з перколятора і записують об'єм отриманої настоянки.

До отриманої настоянки додають 1,25 г м'ятного масла ($V = 1,39$ мл, $\rho = 0,90$ г/мл). Якщо об'єм отриманої настоянки буде менше 25 мл, то сировину додатково промивають спиртом до отримання потрібного об'єму.

Отриманий продукт переливають в склянку і відстоюють протягом кількох діб при температурі 8-10°C. Після цього фільтрують через складчастий фільтр в суху склянку і проводять аналіз отриманої настоянки.

3.2. Аналіз готового продукту

3.2.1. Кількісне визначення м'ятного масла в продукті методом висолювання

Для визначення вмісту м'ятного масла 10 мл настоянки поміщають в колбу ємністю 100 мл, додають 10 мл розведеної сульфатної кислоти і 60 мл насиченого розчину натрій хлориду. Колбу закривають пробкою, енергійно струшують протягом 15 хв. і дають відстоятися протягом 1-2 годин при температурі 25-30°C.

Коли все ефірне масло виділиться на поверхні рідини, обережно додають насичений розчин натрій хлориду до тих пір, поки шар ефірного масла не виявиться в межах градуйованої частини колби, після чого дають відстоятися до повного відділення ефірного масла від водного шару.

Шар ефірного масла в кількості 0,60-0,65 мл відповідає вмісту в препараті 5% м'ятного масла!!!

3.2.2. Визначення сухого залишку в готовому продукті і коефіцієнта поглинання сировини

5 мл настоянки відміряють піпеткою, переносять в бюкс висотою 2-3 см, діаметром 5-6 см, попередньо висушений до сталої маси. Настоянку випарюють на водяній бані і сушать в сушильній шафі 2 год. при 100-105°C. Потім бюкс закривають кришкою, переносять в ексікатор, витримують не менше 1 години і зважують. Сухий залишок розраховують у відсотках за формулою:

$$C_{с.з.} \% = \frac{M_{с.з.} \cdot 100}{V \cdot d}, \%$$

де $M_{с.з.}$ – маса сухого залишку, г; V – об'єм настоянки, мл; d – густина настоянки, г/мл.

Розрахунок коефіцієнта поглинання сировини проводиться за такою формулою:

$$K = \frac{M_2}{M_1},$$

де M_1 – маса взятого для екстракції сировини; M_2 – маса сировини після екстрагування, яка сумарно дорівнює масі взятого сировини для екстракції M_1 і масі спирту, утриманого сировиною (маса спирту розраховується за різницею між об'ємом спирту взятого на екстракцію і об'ємом першого вилучення, помноженої на густину 90% спирту).

Результати виконання роботи оформляються у вигляді таблиці 4.

Таблиця 4

Взято для екстракції	Стадії і операції	Умови проведення операцій і отримані результати
Спирту 90% ____ мл, м'ятної сировини ____ г	замочування сировини	t = ____ години
Спирту 90%, ____ мл	екстрагування	t = ____ діб
М'ятного масла ____ мл	об'єм першого вилучення	____ мл
	перколяція	Додано ____ мл спирту 90%-вого до отримання 25 мл настоянки.
	відстоювання	t = ____ діб
	Сухий залишок	____%
	Коефіцієнт поглинання сировини	K = _____
	Кількість м'ятного масла, яке виділилося при висолюванні	____/____ мл / %

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Облaсті застосування настоянки м'яти перцевої.
2. Масообмін за участю твердої фази. Середня рушійна сила та засоби інтенсифікації процесів масопередачі.

3. Способи інтенсифікації процесу екстракції в системі «рідина–тверде тіло»: вплив температурного фактору, інтенсивності перемішування, зміни концентрації та природи екстрагенту.
4. Особливості механізму процесу масопередачі речовини через пористі клітинні стінки.
5. В чому полягає принцип приготування настоянки м'яти перцевої методом перколяції? Як влаштований перколятор?
6. Як визначити вміст м'ятного масла в настоянці?
7. Яким чином визначається сухий залишок в готовому продукті і коефіцієнт поглинання сировини при приготуванні настоянки м'яти перцевої?

2. Технічний аналіз харчових продуктів

Лабораторна робота № 4

Технічний аналіз жирів

Мета роботи: практичне ознайомлення зі стандартними методиками визначення основних нормованих показників якості харчових жирів.

Експериментальна частина

Дана робота передбачає виконання наступних етапів:

1. Визначення кислотного числа.
2. Визначення числа омилення.
3. Визначення ефірного числа.
4. Визначення йодного числа.

4.1. Визначення кислотного числа

До пріоритетних хімічних показників якості жирів відносяться *ступінь кислотності жиру, число омилення, йодне число і пероксидне число.*

Кислотне число – це величина, що дорівнює масі КОН в мг, яка необхідна для нейтралізації суми вільних жирних кислот та інших речовин, супутніх тригліцеридам, що містяться в 1 г жиру та нейтралізуються лугом. Дана величина може так само виражатися в градусах кислотності. Кислотне число характеризує ступінь свіжості жиру, так як відображає кількісний вміст вільних жирних кислот, що утворюються при розкладанні жиру в процесі зберігання продукту. В харчових жирах вищого сорту кислотне число не повинно перевищувати 3,5 мг КОН/г.

Для визначення кислотного числа в колбу відважують близько 5 г жиру, розчиняють його в 50 мл нейтралізованої суміші сірчаного ефіру і етилового спирту (2 : 1). Нейтралізація суміші проводиться в присутності кількох крапель відповідного індикатора 0,1 н розчином луку до отримання помітного забарвлення. Якщо при збовтуванні жир не розчиняється, то всю суміш злегка

нагрівають на водяній бані. Після охолодження отриманого розчину (до кімнатної температури) його швидко титрують при постійному збовтуванні 0,1 н розчином їдкого калі (можна їдкого натру) у присутності фенолфталеїну при світлозabarвлених жирах, тимолфталеїну – при темнозabarвлених жирах.

Похибки вимірювань, пов'язані з утворенням солей жирних кислот (в наслідок гідролізу) зменшуються, якщо кількість спирту, доданого для розчинення жиру, перевищує кількість витраченого лугу не менше ніж в 5 разів.

Обчислення кислотного числа (КЧ, мг КОН/г) здійснюється за формулою:

$$\text{КЧ} = \frac{56,11 \cdot N \cdot V}{g},$$

де N – нормальність розчину калій гідроксиду; V – об'єм розчину калій гідроксиду, витраченого на титрування, мл; g – наважка жиру, г; 56,11 – молярна маса еквівалента КОН.

Переведення кислотного числа в градуси кислотності (°) здійснюється за формулою:

$$(^{\circ}) = \frac{100}{56,11} \text{КЧ}.$$

4.2. Визначення числа омилення

Число омилення визначається загальною кількістю як вільних, так і зв'язаних у вигляді триацилгліцеринів жирних кислот, в 1 г досліджуваного жиру і виражається в мг КОН, необхідного для руйнування складноєфірних зв'язків і нейтралізації виділених при цьому вільних жирних кислот.

Для аналізу в конічну колбу ємністю 150–200 мл відважують на аналітичних вагах близько 2 г жиру, доливають 25 мл 0,5 н спиртового розчину КОН, додають кілька шматочків пемзи (або кераміки) для рівномірного кипіння. Колбу з'єднують зі зворотним холодильником, кип'ятять не менше 30 хв на водяній бані. Закінчення омилення визначають по зникненню в рідині крапельок жиру.

Теплий розчин лугу, що залишився, при постійному помішуванні відтитровують 0,5 н розчином нітратної кислоти в присутності тих самих індикаторів, які використовували і при визначенні кислотного числа.

Різниця між кількістю доданого лугу і лугу, що залишився після омилення жиру, відповідає об'єму лугу, що пішла на нейтралізацію всіх жирних кислот. Це число, помножене на 28,055 (титр 0,5 н лугу) і поділене на величину взятої наважки жиру, дає число омилення досліджуваного зразка.

З огляду на те, що титр спиртового розчину лугу з часу змінюється навіть в залежності від якості скла лабораторного посуду, необхідно паралельно з аналізом масла точно в таких же умовах провести контрольне визначення без жиру в посуді з того ж скла. Необхідно відзначити, що спирт для приготування робочого розчину лугу, повинен бути вільний від домішок і сивушних масел. Для очищення спирту досить обробити його при струшуванні з деревним вугіллям. Спиртовий розчин лугу, приготований з неочищеного спирту, швидко буріє і робиться непридатним для аналітичного визначення.

Число омилення (ЧО, мг КОН/г) визначається за формулою:

$$\text{ЧО} = \frac{56,11 \cdot (N_1 \cdot V_1 - N_2 \cdot V_2)}{g},$$

де N_1 – нормальність розчину КОН; N_2 – нормальність розчину HNO_3 ; V_1 – об'єм розчину КОН, мл; V_2 – об'єм розчину HNO_3 , витраченої на титрування надлишку КОН, мл; g – наважка жиру, г; 56,11 – молярна маса еквівалента КОН.

4.3. Визначення ефірного числа

Ефірне число характеризує вміст триацилгліцеринів в жирах; воно виражається кількістю мг КОН, необхідного для омилення тригліцеридів, що входять до складу жирів, і являє собою різницю між числом омилення і кислотним числом. Цей показник є характеристикою середньої молярної маси суміші вільних жирних кислот і кислот, що входять до складу триацилгліцеридів.

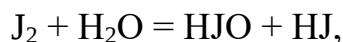
Ефірне число показує вміст тригліцеридів в жирах і виражається кількістю КОН, необхідного для омилення тригліцеридів, що входять до складу жирів. Ефірне число (ЕЧ, мг КОН/г) визначається як різниця між числом омилення і кислотним числом:

$$\text{ЕЧ} = \text{ЧО} - \text{КЧ}.$$

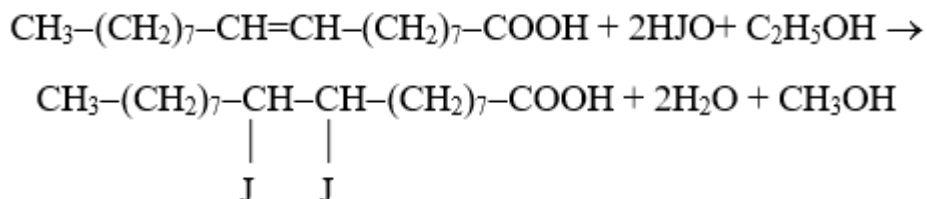
4.4. Визначення йодного числа

Йодне число відображає ступінь ненасиченості жирних кислот, що входять до складу жирів, і виражається кількістю грамів галогену (у перерахунку на йод), здатного приєднатися до 100 г досліджуваного продукту. Чим більше ненасичених кислот в жирі, тим вище його йодне число. Рідкі жири мають високе, а тверді жири – низьке значення йодного числа. Чим більша величина йодного числа, тим більше швидкість окислення жирів і менше його стійкість при зберіганні.

Суть методу визначення йодного числа полягає в наступному. У водно-спиртовому розчині йоду утворюється йодноватиста кислота:



яка швидко вступає в реакцію з ненасиченими кислотами. Реакція протікає за рівнянням:



Спиртовий розчин йоду доливають в надлишку, потім цей надлишок визначають йодометричним титруванням розчином тіосульфату натрію.

Для визначення йодного числа необхідно близько 0,1–0,15 г жиру. На аналітичних вагах беруть наважку проби, розчиняють її в 10 мл спирту, змішують з 25 мл 0,2 н титрованого спиртового розчину йоду, додають 200 мл

води і сильно збовтують. При цьому повинна утворитися стійка емульсія, яку залишають стояти 5 хвилин. За цей час відбувається реакція приєднання йоду, але реакція заміщення ще не починається. Потім відтитровують надлишок йоду 0,1 н розчином тіосульфату натрію. Після того як бурий колір суміші посвітлішає і стане солом'яно-жовтим, до розчину доливають 2-3 мл розчину крохмалю і продовжують титрування до тих пір, поки введення 1 краплі $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ не викличе зміну кольору розчину від темно-синього до жовтуватого-білого забарвлення.

Тверді жири погано розчиняються в холодному спирті, тому рекомендується наважку твердого жиру (0,2–0,4 г) розчинити в теплом спирті. Після закінчення розчинення, розчин охолоджують до 25° і додають 10–20 мл 0,2 н спиртового розчину йоду (йоду беруть тим менше, чим менше орієнтовне йодне число). Потім додають при перемішуванні 200 мл води і через 5 хвилин відтитровують надлишок йоду розчином тіосульфату натрію.

Йодне число (ЙЧ, г I_2 /100 г) знаходять за формулою:

$$\text{ЙЧ} = \frac{0,001 \cdot 126,9 \cdot (N_1 \cdot V_1 - N_2 \cdot V_2) \cdot 100}{g},$$

де N_1 – нормальність розчину йоду; N_2 – нормальність розчину тіосульфату натрію; V_1 – об'єм розчину йоду, мл; V_2 – об'єм розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування надлишку йоду, мл; g – наважка жиру, г; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г жиру; 126,9 – молярна маса еквівалента йоду, г/моль.

Отримані експериментальні дані показників якості порівняти з нормованими показниками (табл. 5) та зробити висновок щодо відповідності та якості зразку, взятого для аналізу.

Нормовані показники якості деяких жирів

Найменування	Показники	
	Йодне число, мг КОН/г	Число омилення, мг КОН/г
Касторова олія	82-88	176-186
Ляна рафінована олія	175	184-195
Соняшникова рафінована олія	119-144	188-194
Оливкова олія	75-85	174-203
Кукурудзяна олія	111-133	—
Соева олія	120-141	—
Яловичий жир	32-47	193-200
Молочний жир	24-45	220-235
Баранячий жир	31-46	192-206
Свинячий жир	46-66	193-300
Китовий жир	94-145	175-220

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Чому жири відносять до складних ефірів.
2. Напишіть по одній формулі триацилгліцеринів, характерних для:
а) тваринного жиру; б) рослинного масла.
3. Чим обумовлено прогіркання жирів.
4. Які жири відносяться до маргаринів? Як отримують маргарини в промисловості?
5. Обчисліть теоретично ефірне і йодне число для тристеарину.
6. Назвіть і охарактеризуйте основні хімічні показники якості харчових жирів.
7. Як виділяють в промисловості: а) рослинні масла; б) тваринні масла; в) вершкове масло.

Лабораторна робота № 5

Технічний аналіз сахаридів

Мета роботи: практичне засвоєння нормативних методів визначення вмісту сахаридів у рослинних матеріалах.

Експериментальна частина

Справжня робота передбачає виконання наступних етапів:

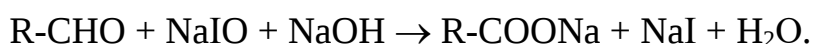
1. Визначення вмісту глюкози.
2. Визначення вмісту редуруючих сахаридів за Фелінгом.
3. Визначення крохмалю йодометричним методом.

5.1. Визначення глюкози

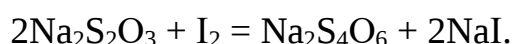
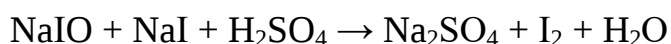
Визначення ґрунтується на окисненні альдегідної групи глюкози розчином йоду в лужному середовищі:



Натрій гіпойодит, що утворився, окиснює альдегіди до карбонових кислот:



Надлишок NaIO, що не прореагував, відновлюють у кислому середовищі до молекулярного йоду, який потім оттитровують стандартним розчином тіосульфату натрію:



Для визначення кількості глюкози відібрати 50 мл досліджуваного розчину, додати 25 мл розчину йоду 0,1 моль/л і 10 мл натрій карбонату (50 г/л). Залишити на 20 хвилин в темному місці для протікання реакції, потім додати 15 мл нітратної кислоти (~100 г/л) і титрувати надлишок йоду натрій тіосульфатом 0,1 моль/л з розчином крохмалю як індикатор. Провести холосте титрування. Для холостого титрування замість розчину глюкози беруть 50 мл дистильованої води і діють далі за методикою.

Кількість глюкози розраховують за формулою:

$$Q_{\text{гл}} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K \cdot 0,009008 \cdot 250}{50},$$

де V_1 – об'єм розчину натрій тіосульфату з концентрацією 0,1 моль/л, необхідний

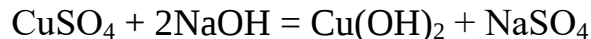
для холостого титрування, мл; V_2 – об'єм натрій тіосульфату, який пішов на титрування проби, мл; K – поправочний коефіцієнт розчину натрій тіосульфату; 0,009008 – кількість грам глюкози, що відповідає 1 мл розчину йоду 0,1 моль/л; 50 – об'єм проби, мл; 250 – загальний об'єм розчину глюкози, мл.

5.2. Визначення вмісту редукуючих сахаридів

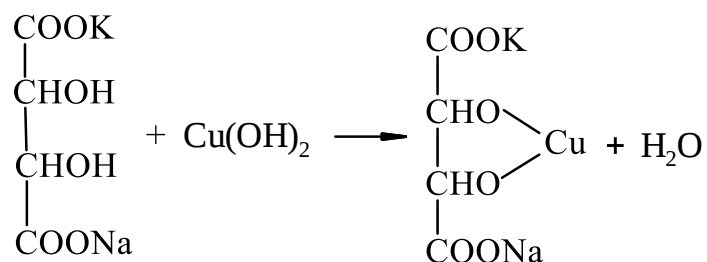
Основні хімічні методи визначення вмісту редукуючих сахаридів засновані на наявності в сахарах карбонільної групи, яка здатна окиснюватися в лужному середовищі різними реагентами: оксидами важких металів (купруму, ртуті, аргентуму), червоною кров'яною сіллю $K_3[Fe(CN)_6]$ та йодом. Сахара, які дають позитивну реакцію з окисниками, називаються редукуючими (відновлюваними).

Найбільш поширеним є метод, заснований на окисній дії *фелінгової рідини*, продукту взаємодії розчину мідного купоросу (*розчин 1*) з лужним розчином тартрату калію-натрію (сегнетовою сіллю) (*розчин 2*).

Для приготування фелінгової рідини використовують однакові об'єми розчинів 1 і 2, причому концентрації реагентів в залежності від способу, можуть різнитися. Утворений в момент зливання рідини блакитний осад купрум(II) гідроксиду



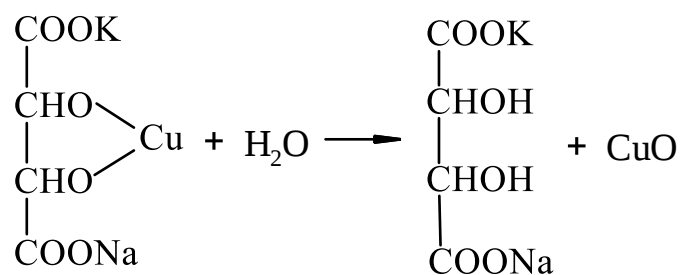
швидко зникає при взаємодії з сегнетовою сіллю з утворенням темно-синього розчину комплексної сполуки:



Введення сегнетової солі дозволяє перевести купрум(II) гідроксид в розчинний стан у вигляді комплексної сполуки.

При взаємодії сахарів з фелінговою рідиною відбувається відновлення купрум(II) оксиду до купрум(I) оксиду, який виділяється з реакційної суміші у вигляді цегляно-червоного осаду.

Купрум(II) оксид утворюється поступово – у міру розкислення при нагріванні в присутності редукуючих сахарів спостерігається розкладання комплексної сполуки з сегнетовою сіллю:



Синій колір розчину над червоним осадом Cu_2O , що утворюється внаслідок окиснення редуруючих вуглеводів за реакцією вказує на надлишок фелінгової рідини і, отже, на повне окиснення сахарів в заданих експериментальних умовах. Даний процес умовно можна представити реакцією



За даними визначення утвореного купрум(I) оксиду розраховується кількість редуруючих сахарів в досліджуваному об'єкті.

Необхідно відзначити, що процес окиснення сахарів фелінгової рідиною не може бути однозначно описаний стехіометричними рівняннями, тому що серед продуктів окиснення можуть бути різні карбонові кислоти, в тому числі гліцерінова, гліколева і мурашина. В наслідок дії лугу сахара частково переходять в свої ізомери, наприклад, глюкоза переходить в манозу, та сахаринові кислоти. Зазначені моменти задовільно пояснюють існуюче різноманіття продуктів, що утворюються при окиснювальній дії фелінгової рідини на сахара. Крім того процес ускладнюється окиснювальною дією кисню повітря в лужному середовищі. При нагріванні фелінгової рідини додатково виділяється певна кількість Cu_2O (саморедукція). Така складність окисного процесу обґрунтовує відсутність повної пропорційності між кількісним співвідношенням утворених окислів сахару і купрум(I) оксиду.

Досліджуваний розчин наливають в бюретку, а 10 мл фелінгової рідини (по 5 мл розчинів 1 і 2) – в конічну колбу об'ємом 100 мл з вузьким горлом (для зменшення окислювальної дії кисню повітря). Туди ж з бюретки наливають 15 мл досліджуваного розчину і приблизно 2 хвилини нагрівають суміш на дротяній азбестовій сітці до кипіння. Якщо рідина розігрівається повільно, більше 2 хвилин, то азбестову сітку не ставлять. Коли рідина закипить, додають 4-5 крапель метилової сині і кип'ятять точно 2 хвилини, а потім, не перериваючи кип'ятіння, продовжують титрувати з бюретки досліджуваним розчином до повного зникнення синього забарвлення. Осад, збавтаний при кип'ятінні рідини, забарвлює отриману суміш у цегляно-червоний колір.

Титрувати розчин потрібно швидко, щоб загальна тривалість кипіння

розчину складала точно 3 хвилини, що витримати дуже важко. Тому перше визначення вважають попереднім та проводять друге точне титрування, при якому наливають в колбу до нагрівання майже всю необхідну кількість досліджуваного розчину та залишають для титрування не більше 1-2 мл.

Виходячи з кількості досліджуваного розчину, який пішов на титрування 10 мл фелінгової рідини, за табличними даними (табл. 6) визначають кількість редукуючих сахарів, що містяться в 100 мл досліджуваного розчину.

Таблиця 6

Визначення вмісту редукуючих сахарів за стандартним методом

V _р , мл	К-ть мг інвертованого сахару в 100 мл досліджуваного розчину	V _р , мл	К-ть мг інвертованого цукру в 100 мл досліджуваного розчину	V _р , мл	К-ть мг інвертованого сахару в 100 мл досліджуваного розчину
15,0	336,00	27,0	190,40	39,0	133,00
15,5	326,00	27,5	187,05	39,5	132,50
16,0	316,00	28,0	183,70	40,0	130,20
16,5	307,00	28,5	180,65	40,5	129,65
17,0	298,00	29,0	177,60	41,0	127,10
17,5	290,00	29,5	174,65	41,5	125,65
18,0	282,00	30,0	171,70	42,0	124,20
18,5	274,50	30,5	169,00	42,5	122,80
19,0	267,00	31,0	166,30	43,0	121,45
19,5	260,75	31,5	163,75	43,5	120,00
20,0	257,50	32,0	161,20	44,0	118,70
20,5	248,70	32,5	158,90	44,5	117,45
21,0	242,90	33,0	156,50	45,0	116,20
21,5	237,35	33,5	154,40	45,5	114,95
22,0	231,80	34,0	152,20	46,0	113,70
22,5	227,00	34,5	150,05	46,0	112,55
23,0	222,00	35,0	147,09	47,0	111,40
23,5	217,67	35,5	145,90	47,5	110,30
24,0	213,13	36,0	143,90	48,0	109,20
24,5	208,90	36,5	142,05	48,5	108,20
25,0	204,80	37,0	140,20	49,0	107,20
25,5	201,10	37,5	138,40	49,5	106,10
26,0	197,40	38,0	136,60	50,0	105,40
26,5	193,90	38,5	135,00		

Вміст редукуючих сахарів (X, %) розраховують за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 0,25}{g}$$

де a – кількість сахарів, що редукують в 100 мл досліджуваного розчину, мг;

g – наважка досліджуваної речовини, г.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Який елементарний склад вуглеводів?
2. Дайте визначення таких понять: а) моносахариди; б) олігосахариди; в) полісахариди; г) редукуючий сахар.
3. Напишіть структурні формули лінійного та циклічного ізомерів глюкози $C_6H_{12}O_6$.
4. Які речовини утворюються при гідролізі сахарози? Як можна розрізнити водні розчини сахарози і глюкози?
5. Поясніть, чому глюкоза має здатність відновлювати срібло з $[Ag(NH_3)_2]^+$, а сахароза не має такої здатності?
7. У чому сутність методів визначення редукуючих сахарів за допомогою фелінгової рідини?

Рекомендована література

1. Гавриленко М.І. Хімічна технологія. Конспект лекцій. Ч. 1. – Одеса: “Астропринт”, 2002. – 104 с.
2. Гавриленко М.І., Короева Л.В. Методическое пособие к практикуму “Основы химической технологии”. – Одесса: “Астропринт”, 2004. – 144 с.
3. Гавриленко М.І. Хімічна технологія. Учбовий посібник до практикуму “Хімічна технологія”. – Одеса: “Астропринт”, 2008. – 228 с.
4. Яворський В.Т., Перекупко Т.В., Знак З.О., Савчук Л.В. Загальна хімічна технологія. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2005. – 552 с.
5. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. - М.: Химия, 1999. – 472 с.
6. Общая химическая технология. Под ред. Мухленова И.П.: В 2 ч. - М.: Высшая школа, 1984. – Ч.1. – 255 с. Ч.2. – 263 с.
7. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1990. – 520 с.
8. Петрушевский В.В., Бондарь Е.Г., Винокурова Е.В. Производство сахаристых веществ. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.
9. Тихвинская М.Ю., Волынский В.Е. Практикум по химической технологии. – М.: Просвещение, 1984. – 160 с.

Формат 60х90/16. Друк офсетний. Папір офсетний.
Гарнітура TNR. Ум-др.арк. 2,0.

Видавництво "Друк Південь"
Тел. 097 212-29-75