

УДК 519.2

**В. В. ЄВЛАШ, З. В. ЖЕЛЕЗНЯК, С. М. ГУБСЬКИЙ, О. Ф. АКСЬОНОВА****ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ МЕТОДОМ ГАЛЬВАНОСТАТИЧНОЇ КУЛОНОМЕТРИЇ В ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГІДРОКОЛОЇДІВ**

Запропоновано та обґрунтовано використання методу гальваностатичної кулонометрії для оцінки вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів. Описано послідовність операцій в процедурі пробопідготовки зразків для вимірювання АК, яка є підґрунтям кількісного визначення аскорбінової кислоти на фоні решти харчової матриці.

**Ключові слова:** аскорбінова кислота, желатин, гальваностатична кулонометрія.

**Вступ.** Особливу цінність в рішенні проблеми повноцінного харчування різних верств населення відіграють якісні, доступні за ціною продукти із цілим рядом корисних властивостей. До таких продуктів можна віднести желеїні вироби на основі натуральних фруктових соків та желатину, фортифіковані вітаміном С.

Вітамін С (Е 300 – аскорбінова кислота) входить до списку харчових добавок, які дозволено використовувати під час виробництва харчових продуктів в якості антиоксиданту. Кількість харчової добавки Е300 регламентується технологічною інструкцією по виготовленню харчової продукції. В той же час аскорбінова кислота входить до складу преміксів на ряду із іншими вітамінами та мінеральними речовинами. І якщо для харчових добавок існує чітко визначена система перевірки якості, то для преміксів такої системи не існує через відсутність у світовій практиці стандартизованих вимог до їх складу та уніфікованих методів їх підтвердження. Треба зазначити, що розробку уніфікованих методів оцінки показників якості великою мірою здійснено, але не існує загального керівництва, щодо проведення комплексних досліджень. Тому розробка вимог до якості преміксів, складовою яких є аскорбінова кислота, являється однією з найбільш актуальних гігієнічних задач. Але складність полягає у тому, що кількісний та якісний склад преміксів великою мірою залежить від виду харчової продукції, яка підлягає фортифікації. Все вищесказане є підґрунтям для проведення досліджень щодо пошуку досконалої методики кількісного визначення аскорбінової кислоти у харчових продуктах після їх фортифікації.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.**

Відомо, що вітамін С або Аскорбінова кислота (АК) (гамма-лактон 2,3-дегідрол-гулонової кислоти) є водорозчинним вітаміном, який не синтезується в організмі людини і надходить лише з продуктами харчування. АК є антиоксидантом с терапевтичними властивостями, які відіграють значну роль в активації імунного захисту, в остеогенезі, в біосинтезі колагену, в запобіганні згортання крові та в інших метаболічних процесах [1–4].

Методи ідентифікації та кількісного визначення вмісту вітаміну С в харчових продуктах та в харчовій сировині є трудомісткою процедурою, пов'язаною із складністю пробопідготовки, через низький вміст АК в досліджуваному об'єкті, її нестійкістю в розчині через окислення. Цим питанням присвячені багаточисленні

публікації, в тому числі монографії [5–7].

Аналіз літературних джерел свідчить, що для визначення вмісту АК в харчових системах використовують різноманітні фізико-хімічні методи [8]. По-перше, титриметричний метод з 2,6-діхлордіфенілдофенолятом натрію або йодатом чи броматом калію; по-друге, спектрофотометричні, які базуються на визначенні АК в УФ області під час реакції йоду з АК; також застосовуються хемілюмінесценція або флуориметричне визначення реакції дигідроаскорбінової кислоти з о-фенілдіаміном. Хроматографічні методи забезпечують більш точні та чутливі результати, особливо з використанням високоефективної рідинної хроматографії з електрохімічним детектуванням [9]. В останній час значно зросло використання електрохімічних методів для визначення вмісту АК. А саме, вольтамперометрії, прямої потенціометрії та кулонометрії. Слід відмітити, що більшість публікацій щодо використання розглянутих вище фізико-хімічних методів стосується простих харчових систем, таких як фруктові соки, рослинна сировина та екстракти. На відміну від них, желеїні вироби зазвичай мають в своєму складі досить високі концентрації гідроколоїдів, наприклад желатини, агару або пектину. В роботах [10–11] було показано, що стандартний метод визначення АК титруванням 2,6-діхлордіфенілдофенолятом натрію дає занижені результати відносно референтного методу. Це пояснюється неоднозначним механізмом окиснення АК та необхідністю проведення грамотної пробопідготовки. На значно занижені результати вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів, порівняно із внесеними кількостями АК, вказують і дослідження методом хроматографії [12–13]. Автори пов'язують це із сорбційною взаємодією АК з молекулами гідроколоїдів, зокрема желатину та агару. Аналогічні результати відносно невизначеності кінцевого результату було отримані в роботах титриметричним методом [14].

Вказані публікації свідчать про наявність проблеми визначення АК в харчових матрицях, до складу яких входять гідроколоїди та актуальність розробки адекватної та експресної методики в рамках бюджетного фізико-хімічного методу, що дозволила б контролювати вміст АК в зазначених вище харчових системах.

**Мета і постановка задачі дослідження.** Метою роботи було обґрунтування методики визначення вітаміну С в водних розчинах гідроколоїдів методом гальваностатичної кулонометрії із подальшою оцінкою можливості визначення вмісту АК в желеїних виробах.

Це передбачало вирішення задач, пов'язаних з розробкою методики кількісного визначення аскорбінової кислоти, яка б мала максимально спрощену процедуру пробопідготовки з максимальною можливістю визначення вмісту АК на фоні решти харчової матриці.

Для розв'язання поставлених задач було обрано метод гальваностатичної кулонометрії, який має значні переваги, оскільки є абсолютним методом – не потребує попереднього калібрування та має доступне апаратне оформлення при достатньо високій статистичній визначеності та чутливості кінцевого результату. Його використання для визначення вмісту АК в різноманітних фармацевтичних субстанціях рослинного походження, а також в аналізі таких продуктів харчування як соки, вина та інші, довели свою ефективність [9].

**Матеріали та метод дослідження.** В експерименті використовували наступні реагенти з відповідною кваліфікацією: аскорбінова кислота фарм. (Китай), желатин харчовий П-11 (ТМ «Мрія», Україна), калій бромід х.ч., калій йодид ч.д.а., сульфатна кислота х.ч., хлоридна кислота х.ч., дистильована вода.

Модельні розчини желатини з масовою часткою в діапазоні 0,1–3,0% готували ваговим методом наступним чином: до наважки желатини додавалася вода, після чого желатина набрякала протягом 30–40 хвилин. Далі на водяній бані із контролем температури проводилося розчинення желатини при температурі 40–50 °С. Після охолодження розчину желатини до температури 30–40 °С до системи вводилася аскорбінова кислота у вигляді водного розчину, який готувався в день приготування модельних систем. Після чого додавалася певна наважка води виходячи з того, розчин з якою масовою часткою готувався. Далі розчин ретельно перемішувався для рівномірного розподілу АК.

Стандартні розчини аскорбінової кислоти готувалися ваговим методом.

Модельні системи АК-желатина у воді готували додаванням відповідних водних розчинів АК до водних розчинів желатини в пропорціях, які відповідають кінцевому значенню концентрації.

Кулонометрична комірка складалася з двох розділених камер – катодної та анодної, ємністю 10 та 40 мл відповідно, з'єднаних за допомогою скляної мембрани. В якості генераторного використовували пластинчатий платиновий електрод з площею приблизно 2 см<sup>2</sup>. Допоміжним електродом виступав графітовий стержневий електрод. Попередню очистку платинових електродів перед вимірами проводили в три етапи шляхом витримання в розчинах при робочому струмі 5 мА: 1) впродовж 5 хвилин в розчині 0,2 М КВr або КІ; 2) в розчині концентрованої азотної кислоти (1:1) впродовж 5 хвилин; 3) впродовж 15 хвилин в розчині 0,2 М сульфатної кислоти. Між вимірюваннями електроди зберігали в розчині калій броміду або калію йодиду в залежності від виду дослідження.

Вимірювання проводили при силі струму 1–10 мА залежно від концентрації досліджуваного розчину таким чином, щоб час титрування доданої маси зразка знаходився в межах від 150 с до 300 с. Це забезпечує з одного боку, експресність методу, а, з іншого боку, певну

точність виміру часу. В якості джерела стабілізованого струму використовували блок-титратори Т-201М1 (Аналітприлад, Грузія). Вимір величини струму проводили за допомогою комбінованого приладу В7-21 з похибкою, що не перевищувала 0,2 %.

Розчин в комірці перемішували за допомогою електромагнітної мішалки.

Контроль точки кінця титрування здійснювали потенціометричним методом за допомогою пари індикаторних електродів: платинового окисно-відновного ЕПВ-1 та хлорсрібного ЕВЛ-1М3.1 електродів (ЗІП, Білорусь). ЕРС електрохімічної системи вимірювали іономіром 692 pH/Ionmeter (Metroohm, Швейцарія) з похибкою 0,1 мВ. Зазначений пристрій використовували для виміру температури з похибкою 0,1 °С та рН з похибкою 0,002 одиниці з використанням комбінованого скляного електроду з температурним датчиком Pt1000 (Combined LL pH glass electrode with Pt 1000 temperature sensor, № 6.0238.000 Metroohm, Швейцарія).

В якості титрантів використовували бром та йод, які були електрогенеровані з 0,2 М розчину калій броміду в 0,1 М розчині сульфатної кислоти та з 0,1 М розчину калій йодиду в хлоридній кислоті із значенням рН=1,2.

Моніторинг та запис даних титрування (потенціал-час) в електронному вигляді проводили за допомогою програми PicoLog Recorder v.5.24 (PicoScope Ltd., UK). Розрахунки часу кінця титрування та статистичну обробку результатів дослідження здійснювали в програмі Excel пакета Microsoft Office 2010 та Sigma Plot v.11.

**Результати досліджень.** Для вивчення питання про можливість використання кулонометричного титрування для кількісного визначення загального вмісту АК в досліджуваних розчинах було проведено процедуру валідаційної оцінки вимірів за наступними показниками: специфічність, лінійність та аналітична область методики, межа визначення, правильність та відтворюваність. За цією метою було приготовано модельні водні розчини АК в діапазоні 0,5–1800 мкг/г.

Виходячи з експериментальних даних, щодо кулонометричного титрування модельних та досліджуваних розчинів, розрахунок концентрації АК  $g$  (мкг/г) з експериментальних даних здійснювали за наступною формулою (1).

$$g = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F \cdot m_p} \quad (1)$$

де  $I$  – сила струму, А;  
 $t$  – час електролізу, с;  
 $M$  – молярна маса досліджуваної речовини, г/моль;  
 $F$  – стала Фарадея, Кл/моль;  
 $n$  – кількість електронів у напівреакції окислення титранта,  
 $m_p$  – маса розчину, г.

Під час визначення часу  $t$  враховували час попереднього електролізу генеруючого розчину без проби, що аналізується для того, щоб врахувати вплив домішок в електрогенеруючому розчині. Як було зазначено у роботах [8,10], АК під час взаємодії

із галогенами, що електрогенеруються у комірці, окислюється до дигідроаскорбінової кислоти з переносом двох електронів, що відповідає значенню  $n=2$  в формулі (1).

На рис. 1 наведено залежність  $Q = f(g)$  для розчинів АК на рівні 9 концентрацій. Як і очікувалося, вказана залежність має лінійний характер з коефіцієнтом кореляції 0,9987, що доводить умову лінійності та можливості кількісного визначення АК в даній аналітичній області у запропонованій методиці.

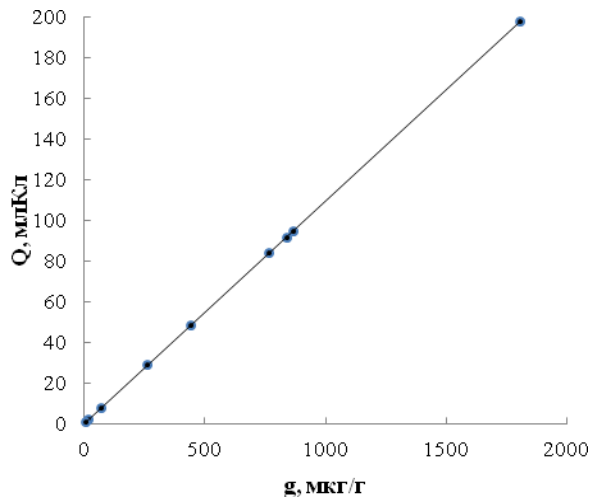


Рис. 1 – Залежність між вмістом АК (g, мкг) та кількістю електрики для електрогенерації титранту бром (Q, мкКл) для модельних водних розчинів АК

Залишкове стандартне відхилення лінійної регресії  $\sigma$  та нахил  $S$  кривої  $Q-f(g)$  використовували для розрахунку межі виявлення  $DL$  та  $QL$  межі кількісного визначення за формулою (2).

$$DL = 3\sigma / S, \quad QL = 10\sigma / S \quad (2)$$

В результаті розрахунків за формулою (2) були отримані наступні результати:  $DL=2,7$  мкг/г (або  $1,5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>) та  $QL=8,1$  мкг/г (або  $4,6 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>).

Специфічність оцінювалася способом «введено-знайдено» (табл. 1).

Правильність і відтворюваність оцінювали методом варіювання наважок на трьох рівнях концентрації з використанням трьох наважок на кожному рівні. Було отримано статистично значимі результати з точки зору критерію Фішера.

На рис. 2, а-б, наведено приклади експериментальних кривих титрування АК в водних (а), АК в водно-желатинових розчинах (б) та водного розчину желатини (в). Як видно з рис.2, отримані криві мають класичний вигляд із спадаючою гілкою, що характерна для титрування АК в окисно-відновних реакціях. Титрування водних розчинів АК (графік а) дозволяє отримати чітко детерміновані дані, враховуючи різкий стрибок в точці кінця

титрування, який складає від 1 до 2 секунд із зміною ЕДС (електрорухомої сили) індикаторної системи більш ніж на 250 мВ. Введення желатини робить криву титрування (рис. 2, б) менш чіткою, а хід кривої в районі точки кінця титрування стає менш різким. Крім того вигляд верхньої частини кривої титрування дає можливість зробити висновок про реалізацію процесу окиснення желатини, оскільки вигляд цього фрагменту є ідентичним до вигляду таких саме фрагментів на кривих титрування водних розчинів желатини (рис. 2, в). З урахуванням значної реакційної здатності електрогенерованого бром, було очікуваним окиснення в водних розчинах обох компонентів. Але, як видно з наведеної кривої титрування (рис. 2, в), процес окиснення желатини спостерігається в межах 680-800 мВ, в той час як АК окиснюється при більш низьких потенціалах. Подібний факт дає передумову для реалізації можливості визначення АК в присутності желатини.

Таблиця 1 – Результати кулонометричного визначення вмісту АК в модельних водних розчинах електрогенерованим бромом ( $n=5$ ,  $P=0,95$ )

Речовина	Введено $g_B$ , мкг/г	Знайдено $g_3$ , мкг/г	$S_r$
Аскорбінова кислота	0,47	0,42±0,15	0,256
	4,60	4,45±0,09	0,017
	17,50	17,46±0,04	0,011
	69,48	68,39±0,09	0,016
	260,0	261,2±0,1	0,009
	440,0	442,0±0,6	0,009
	766,3	766,1±0,3	0,002
	864,7	864,0±0,8	0,004
	1806,5	1805,4±1,9	0,007

Слід також відмітити, що визначення вмісту АК в водних розчинах желатини з концентрацією більше ніж 1,5% пов'язано із труднощами, зумовленими утворенням желеподібної структури через 30 хвилин після приготування розчинів, це є відомим фактом [15,16] і пов'язано із утворенням просторової структури за рахунок водневих зв'язків. Спроби помістити до електрохімічної комірки та провести титрування зразку, що вже має просторову структуру з макромолекул желатини не дали відтворюваних та адекватних результатів. Тому рекомендовано при відборі проби від структурованого продукту спочатку нагріти його на водяній бані до температури приблизно 40 °С (розплавити), тим самим зруйнувавши просторову сітку і перевівши його до рідкого стану, а потім використовувати для подальшого визначення АК. Як показали додаткові дослідження, отримані результати щодо вмісту АК, які були визначені до початку процесу желеутворення та після плавлення желе, добре узгоджені, незалежно від кількості переходів з желеподібного стану до рідкого шляхом плавлення досліджуваних систем.

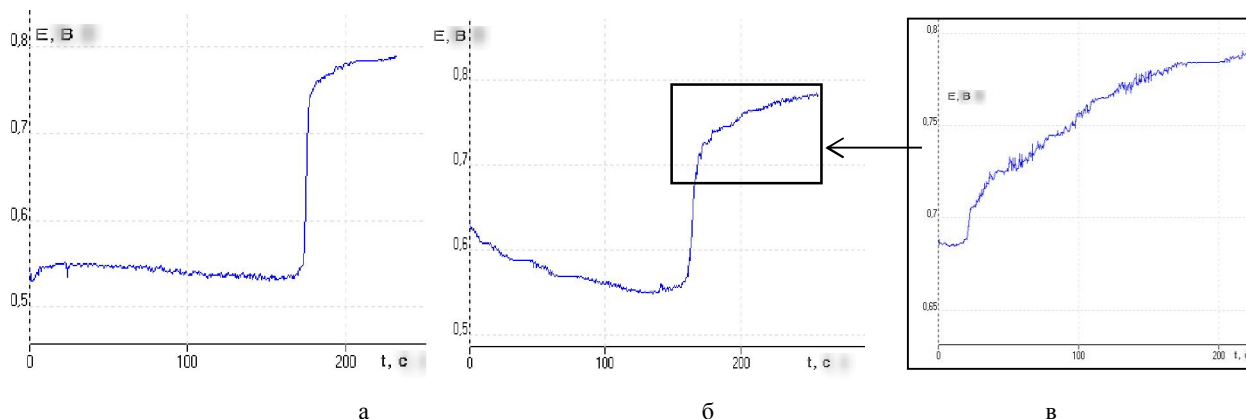


Рис. 2 – Криві кулонометричного титрування (залежність електрорушійної сили (E, В) від часу (t, с), скан з програми PicoLog Recorder): а – розчин АК з концентрацією 76,63 мкг/г (I=9,921 мА,  $m_p = 2,030$  г); б – розчин АК з концентрацією 75,01 мкг/г в 3% розчині желатини (I=9,923 мА,  $m_p = 2,145$  г); в – розчин 3% желатини (I=9,919,  $m_p = 4,140$  г)

Таблиця 2 – Результати кількісного визначення вмісту АК в системах АК-желатина-вода (n=4, P=0,95)

	Введена концентрація АК $g_B$ , мкг/г									
	90,02		250,1		500,0		750,1		1000	
Концентрація желатини	Знайдена концентрація АК $g_3$ та відносна різниця між величинами $\delta$									
	$g_3$	$\delta_g, \%$	$g_3$	$\delta_g, \%$	$g_3$	$\delta_g, \%$	$g_3$	$\delta_g, \%$	$g_3$	$\delta_g, \%$
відсутня	90,2	0,1	249,7	-0,2	499,2	-0,2	750,5	0,1	1001	0,1
0,1%	89,0	-2,1	245,0	-2,0	489,7	-2,1	688,3	-8,2	*	-
1,0%	86,9	-5,1	235,5	-5,8	465,3	-6,9	695,0	-7,3	*	-
3,0%	85,2	-5,3	234,5	-6,2	466,8	-6,2	702,4	-6,4	970,4	-4,3

\* - дослідження не проводили

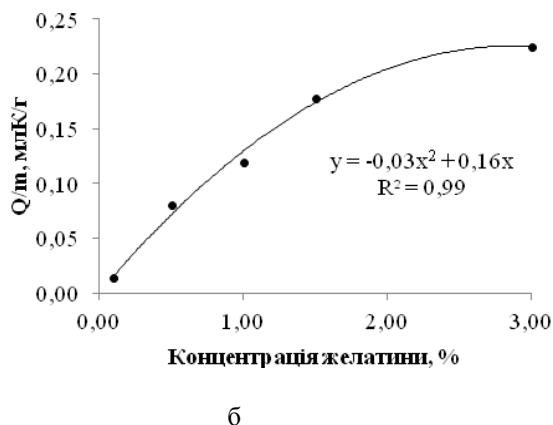
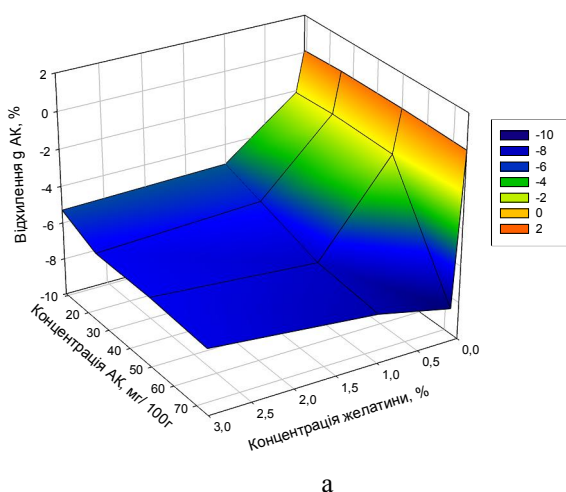


Рис. 3 – Залежність  $\delta_g$  від концентрацій АК та желатини в водних розчинах (а) та залежність питомої величини електрики, необхідної для титрування одиниці маси від концентрації желатини (б)

Отримані факти дають підґрунтя для розробки методики визначення АК в комерційних продуктах харчування – желейних виробих на основі желатини, якщо враховувати їх агрегатний стан.

В табл. 2 наведено результати визначення вмісту АК в водних розчинах желатини різних концентрацій.

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати про систематично занижений результат вмісту АК, отриманого методом кулонометричного титрування, по відношенню до введеного в досліджувану систему. Така тенденція відсутня для водних розчинів АК без желатини.

Як видно з табл. 2, відносна величина похибки

$$\delta_g = (g_3 - g_B) / g_B, \%$$

експериментально визначеної та введеної величин вмісту АК складає від -0,1% до -8,2%.

На рис.3, а приведена залежність відхилення значення вмісту введеної АК від концентрації компонентів системи желатин-вода, включаючи систему без желатини. Для наведеної діаграми характерна нелінійна залежність зростання значення  $\delta_g$  із збільшенням концентрації желатини та, майже лінійна залежність від концентрації АК. Нелінійний характер залежності величини  $\delta_g$  від концентрації желатини корелює з величиною кількості електрики, необхідної для титрування одиниці маси желатини. Остання залежність добре апроксимується параболічною залежністю з коефіцієнтом кореляції 0,99. Збільшення похибки визначення вмісту АК в розчинах желатини (рис. 3, а), яка змінюється по тому ж закону що й залежність (рис. 3, б), може свідчити, що незважаючи на факт взаємодії желатини з електрогенерованим бромом при більших потенціалах, ніж ті, що характерні точки кінця титрування АК, окислення желатини впливає на процес кількісного визначення АК.

Подальше вивчення механізму окислення останньої та його математичний опис дасть змогу для удосконалення методики кількісного визначення АК в розчинах желатини, а тим самим і в виробках на її основі. Проте, враховуючи зазначені вище залежності, є можливість розглянути відносну похибку  $\delta_g$  як систематичну, не вдаючись в хімічний механізм явища, та застосувати апарат нелінійної множинної регресії для її апроксимації в залежності від концентрації компонентів системи на підставі експериментальних даних.

Проведені додаткові розрахунки показали, що найбільш адекватним з точки зору величини стандартного відхилення є наступне рівняння, яке зв'язує  $\delta_g$  з концентраціями АК  $g_{AK}$  та желатини  $g_{Ж}$  наступним рівнянням з відповідними коефіцієнти регресії:

$$\Delta g = a_0 + a_1 g_{AK} + a_2 g_{Ж} + a_3 g_{Ж}^2, \quad (3)$$

де коефіцієнти регресії дорівнюють наступним величинам  $a_0 = 0,061$ ;  $a_1 = -0,034$ ;  $a_2 = -7,07$ ;

$a_3 = 1,83$  при величині стандартного відхилення апроксимації 1,71. В рівнянні (3) концентрація АК виражена в мг/100 г розчину.

Для перевірки запропонованого підходу був визначений вміст АК в 0,5% водному розчині желатини з введеною концентрацією 9 мг/100 г розчину. Експериментально була знайдена величина 8,71 мг/100 г, а з урахуванням рівняння (3) розраховуємо величину 9,01 мг/100 г розчину.

**Висновки та перспективи досліджень.** Отримані данні є суто емпіричним математичним підходом, який не розкриває хімічний механізм явища, але є перспективним підґрунтям для проведення подальших досліджень щодо можливостей використання методу кулонометрії з адаптованою пробопідготовкою для визначення кількості аскорбінової кислоти в желеїних виробках.

**Список літератури:** 1. *Davies M.B.* Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.- London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 С. 2. *Voet D.* Biochemistry, 4th Edition / D. Voet, J.G. Voet. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 1520 P. 3. *Kucharski H.* Handbook of Vitamin C Research: Daily Requirements, Dietary Sources and Adverse Effects / H. Kucharski, Z. J. – New York: Nova Bimedical Books, 2009. – 415 P. 4. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L., Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 P. 5. Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability / ed. Ball G.F.M. - Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. 6. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R.R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. 7. Handbook of Vitamins / Ed. Zemleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. 8. *Pisoschi A.M.* Electrochemical methods for ascorbic acid determination/ A.M. Pisoschi, A.S. Pop, A.I. Serban, C. Fafaneata // Electrochim. Acta. 2014. – Vol. 121. – P. 443–460. 9. *Russel L.F.* Water-Soluble Vitamins Food in Analysis by HPLC, Third Edition / Ed. Nollet L., Toldra F. – New York: CRC Press, 2013. – pp. 32–442. 10. *Letters R.B.* Determination of vitamin C in pharmaceutical products with physico-chemical and bioanalytical technics // Roum. Biotechnol. Lett. 2004. – Vol. 9. – № 1. – P. 1497–1504. 11. *Hernandez Y.* Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods / Y. Hernandez, M.G. Lobo, M. Gonzalez // Food Chem. 2006. – Vol. 96. – P. 654–664. 12. *Journal I., Electrochemical O.F.* Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. Vol. 5, № October 2015. P. 105–115. 13. *Fadhel D.* Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Aqueous Solutions // J. of Al-Nahuai Un. 2012. – Vol. 15. – № 3. – P. 88–94. 14. *Nováková L.* HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids / L. Nováková, P. Solich, D. Solichová // TrAC Trends Anal. Chem. 2008. – Vol. 27. – № 10. – P. 942–958. 15. *Добровольская Е.В.* Определение аскорбиновой кислоты в модельных системах содержащих структурообразователи полисахаридной природы / *Добровольская Е.В., Вакигуль З.В., Мурликина Н.В., Евлаш В.В.* // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Košice, 2014. Вип. 2 (5). С. 11–13.

16. *Евлаш В.В.* Апробация методики хроматографического определения аскорбиновой кислоты в пищевых системах с гидроколлоидами / *В.В. Евлаш, Т.О. Кузнецова, Е.В. Добровольская, З.В. Железняк, В.Г. Панченко* // Успехи в химии и химической технологии. 2015. – Т. XXIX, №1. – С.58-60.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Davies M.B.* Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.- London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 p. 2. *Voet D.* Biochemistry, 4th Edition / D. Voet, J.G. Voet. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 1520 p. 3. *Kucharski H.* Handbook of Vitamin C Research: Daily Requirements, Dietary Sources and Adverse Effects / H. Kucharski, Z. J. – New York: Nova Bimedical Books, 2009. – 415 p. 4. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L.,

- Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 p. **5.** Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability / ed. Ball G.F.M. – Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. **6.** Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R.R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. **7.** Handbook of Vitamins / Ed. Zemleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. **8.** Pisoschi A.M. Electrochemical methods for ascorbic acid determination/ A.M. Pisoschi, A.S. Pop, A.I. Serban, C. Fafaneata // Electrochim. Acta. 2014. – Vol. 121. – P. 443–460. **9.** Russel L.F. Water-Soluble Vitamins Food in Analysis by HPLC, Third Edition / Ed. Nollet L., Toldra F. – New York: CRC Press, 2013. – p. 32–442. **10.** Letters R.B. Determination of vitamin C in pharmaceutical products with physico-chemical and bioanalytical technics // Roum. Biotechnol. Lett. 2004. – Vol. 9. – No. 1. – P. 1497–1504. **11.** Hernandez Y. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods / Y. Hernandez, M.G. Lobo, M. Gonzalez // Food Chem. 2006. – Vol. 96. – P. 654–664. **12.** Journal I., Electrochemical O.F. Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. Vol. 5, No. October 2015. P. 105–115. **13.** Fadhel D. Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Aqueous Solutions // J. of Al-Nahai Un. 2012. – Vol. 15. No. 3. – P. 88–94. **14.** Nováková L. HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids / L. Nováková, P. Solich, D. Solichová // TrAC Trends Anal. Chem. 2008. – Vol. 27. – No. 10. – P. 942–958. **15.** Dobrovol'ska E. Determination of ascorbic acid in the model systems containing structurants polysaccharide / E. Dobrovol'ska, Z. Vakshul, N. Murlykina, V. Evlash // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Košice, 2014. Vol. 2 (5). p. 11–13. **16.** V. Evlash. Testing techniques of chromatographic determination of ascorbic acid in food systems with hydrocolloids / V. Evlash, T.Kuznetsova, E.Dobrovol'ska, Z. Zheleznayk, V. panchenko // Journal Advances in chemistry and chemical technology. 2015. – Vol. XXIX, No. 1. – p. 58–60.

Надійшла (received) 05.02.2015

#### Відомості про авторів / About the Authors

**Євлаш Вікторія Владленівна** – доктор технічних наук, професор, Харківської державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (011) 847-83-70; e-mail: v.evlash@hduht.edu.ua.

**Evlash Viktoriya Vladlenivna** – Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 364-03-34; e-mail: [v.evlash@hduht.edu.ua](mailto:v.evlash@hduht.edu.ua)

**Железняк Зінаїда Валерівна** – аспірант, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; e-mail:

**Zheleznayk Zinaida Valerivna** – Grade student; Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (057) 349-45-61; e-mail: [chem\\_hdyht@gmail.com](mailto:chem_hdyht@gmail.com)

**Губський Сергій Михайлович** – кандидат хімічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 364-03-34; e-mail: s.gubsky@hduht.edu.ua

**Gubsky Sergey Mihaylovych** – Candidate of Chemical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry Microbiology and Higyene of Food; tel.: (050) 364-03-34; e-mail: [gubsky.kharkov.ua@gmail.com](mailto:gubsky.kharkov.ua@gmail.com)

**Аксенова Олена Федорівна** – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 5764056; e-mail: aeph@mail.ru.

**Aksenova Olena Fedorivna** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 5764056; e-mail: aeph@mail.ru.