

ВИВЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЖЕЛАТИНУ І ВІТАМІНУ С В МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМАХ

В.В. Євлаш, Т.О. Кузнецова, З.В. Железняк

Визначено вміст вітаміну С, внесеного в різних концентраціях у розчини желатину, за допомогою методу ВЕРХ. Проведено дослідження ІЧ-спектрів сухих плівок модельних систем желатину з додаванням вітаміну С в різних концентраціях. Установлено, що вітамін С впливає на стан желатину, відбувається розрідження системи й утворення асоціатів.

Ключові слова: вітамін С, желатин, модельні системи, метод ВЕРХ, ІЧ-спектри.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛАТИНА И ВИТАМИНА С В МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В.В. Евлаш, Т.О. Кузнецова, З.В. Железняк

Определено содержание витамина С, внесенного в разных концентрациях в растворы желатина, с помощью метода ВЭЖХ. Проведено исследование ИК-спектров сухих пленок модельных систем желатина с добавлением витамина С в разных концентрациях. Установлено, что витамин С влияет на состояние желатина, происходит разжижение системы и образуются ассоциаты.

Ключевые слова: витамин С, желатин, модельные системы, метод ВЭЖХ, ИК-спектры.

STUDY OF INTERACTION OF GELATINE AND VITAMIN C IN MODEL SYSTEMS

V. Evlash, T. Kuznetsova, Z. Zhelezniak

The necessity of taking into account the possible interactions between the vitamin and hydrocolloids which are parts of jelly or marmalade arises under enriching with vitamin C of such popular products among the population as jelly products. Gelatin is one of the structure-forming agents; it is widely used in food technologies. Gelatine is characterized by thermal reversibility, low viscosity and melting temperature and by the ability of protein structure forming. That is why this hydrocolloid was chosen for studying vitamin C nature and mechanism of its binding.

The objects of the study were model systems which contained 2% of gelatin and different amount of vitamin C. In this work the determining the amount of vitamin C content in different concentrations in gelatin solutions with use of the HPLC method for establishing the amount of bound vitamin C in these systems was carried out. The results of the study show that the difference in the amounts of the introduced amount of vitamin and amount determined by the HPLC method may be caused by the ability of gelatin to bind vitamin C.

IR spectra of dry membranes of model gelatin systems with the addition of vitamin C in different concentrations were studied for understanding the nature and mechanism of binding vitamin C by gelatin. The presence of large amount of water leads to the overlapping of virtually all characteristic bands of macromolecules under studying of systems which contain hydrocolloids. That is why in the IR spectroscopy of such systems the obtaining spectra samples in the form of membranes are preferred. The polymers aren't destroyed during membranes producing. Disturbances because of unevenness arrangement of the compounds, as a rule, aren't observed in the spectra under the homogeneity of the samples. Comparison of the IR-spectra absorption of dry membranes samples of 2% gelatin and 2% gelatin with the addition of vitamin C showed the presence of vitamin effect on the state of gelatin. It is suggested that hydroxyl groups of gelatin for intermolecular interaction release. It leads to dilution of the system and the formation of molecular associates between gelatin and vitamin C.

Keywords: *vitamin C, gelatin, model systems, HPLC method, IR spectra.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Головною причиною дефіциту вітаміну С у людини є його недостатнє потрапляння в організм із їжею. Основним джерелом цього вітаміну служать овочі та фрукти, вживання яких не завжди буває достатнім, особливо в зимовий і весняний періоди року. Крім того, через нестійкість аскорбінової кислоти її вміст у продуктах харчування швидко знижується під час їх зберігання і кулінарної обробки. Особливо значні втрати вітаміну С відбуваються за нераціональної обробки овочів і фруктів. Усі ці чинники є причиною гіповітамінозу С, що переважно спостерігається в зимово-весняний період у значної частини населення.

Необхідними заходами для профілактики недостатності вітаміну С, поряд із збагаченням раціону овочами і фруктами, є вживання харчових продуктів, збагачених цим вітаміном [1]. Проте внесення вітаміну С відповідно до рецептури часто не забезпечує необхідну фізіологічну дію після вживання продукту і може приводити до зниження біологічної доступності й засвоєння цього вітаміну. Виникає необхідність урахування кількості внесення вітаміну С, способу та стадій уведення, які забезпечували б максимальний термін зберігання в процесі виробництва і вживання та необхідну фізіологічну дію на організм людини. Так, наприклад, під час збагачення вітаміном С

кондитерських виробів, до складу яких входять гідроколоїди, частина вітаміну може зв'язуватися цими структуроутворювачами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки завдяки використанню нових технологій у харчовому виробництві значно розширився асортимент продуктів, збагачених на вітаміни та мінеральні речовини. Згідно з європейськими стандартами, продукт є збагаченим за умови, якщо в його 100 г міститься не менше, ніж 15% від рекомендованої добової фізіологічної норми вживання вітамінів та мінеральних речовин [2; 3]. Згідно з основними принципами збагачення продуктів на корисні речовини слід зазначити, що виникає необхідність урахування можливості хімічної взаємодії добавок між собою та компонентами продукту. Необхідно обирати такі їх співвідношення та форми, способи та стадії внесення, які будуть забезпечувати їх максимальне збереження в процесі виробництва та під час зберігання готового продукту.

Під час збагачення на вітамін С такого популярного серед населення продукту, як желейні вироби, виникає необхідність урахування можливості взаємодії між вітаміном та гідроколоїдами, що входять до складу желе або мармеладу. Відомо, що гідроколоїди можуть виявляти сорбційні властивості відносно різних полярних речовин [4; 5]. Необхідність урахування сорбційної ємності різних гідроколоїдів відносно вітаміну С була показана російськими вченими [6]. Аналіз літературних джерел довів, що відсутні дані про вивчення природи та механізму зв'язування цього вітаміну гідроколоїдами.

Одним із структуроутворювачів, що набув найбільш широкого використання у харчових технологіях, є желатин, який характеризується термообратимістю, низькою в'язкістю, невисокою температурою плавлення та властивістю утворювати білкову структуру. Тому для дослідження природи та механізму зв'язування вітаміну С було обрано цей гідроколоїд.

Метою статті було вивчення взаємодії вітаміну С і желатину в модельних системах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктами дослідження були модельні системи, що містили 2% желатину (фірма «Мрія», Україна) з додаванням вітаміну С. Склад модельних систем наведено в табл. 1.

На першому етапі проводили визначення вмісту вітаміну С, внесеного в різних концентраціях у розчини желатину, за допомогою методу ВЕРХ для того, щоб установити кількість зв'язаного вітаміну в цих системах.

Склад модельних систем

№ зразка	Склад модельної системи	
	Желатин, %	Вітамін С, мг/100 г
1	2,0	–
2	2,0	30,0
3	2,0	40,0
4	2,0	50,0

Визначення вмісту вітаміну С в модельних системах проводилося через 60-60 с після приготування систем на рідинному хроматографі «Міліхром А-02» (ЗАТ «ЕкоНова», Новосибірськ), укомплектованому хроматографічної колонкою Prontosil 120-5, заповненою сорбентом С18 із зернуванням частинок 5 мкм. Детектування проводилося спектрофотометрично в градієнтному режимі за довжини хвиль 210–300 нм (А – 0,4 М розчин LiClO_4 (рН=2,4); Б – ацетонітрил). В основі визначення було покладено методіку визначення водорозчинних вітамінів в полівітамінних препаратах методом ВЕРХ [7], адаптовану нами для визначення вітаміну С у модельних системах, що містять желатин. Під час експерименту було встановлено, що аналітична довжина хвилі для побудови градувальної залежності для вітаміну С складала 240 нм.

На рис. 1 і 2 наведено хроматограми для зразків № 1 і № 3. Результати визначення кількості вітаміну С у модельних системах наведено в табл. 2.

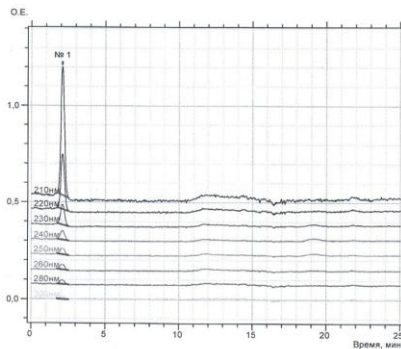


Рис. 1. Хроматограма зразка № 1

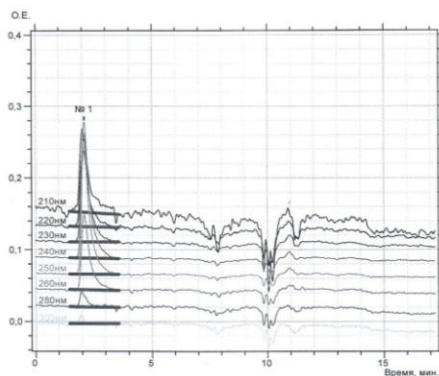


Рис. 2. Хроматограма зразка № 3

Таблиця 2

**Результати визначення кількості вітаміну С
у модельних системах методом ВЕРХ**

№ зразка	Введена кількість вітаміну С, мг/100 г	Кількість вітаміну С, визначена методом ВЕРХ, мг/100 г	Кількість зв'язаного вітаміну С, мг/100 г
2	30,0	27,0	3,0
3	40,0	36,0	4,0
4	50,0	28,0	22,0

Різниця у величинах уведеної кількості вітаміну С і визначеної шляхом ВЕРХ може бути пов'язана із здатністю желатину до зв'язування вітаміну. При введенні 50,0 мг вітаміну в систему визначена методом ВЕРХ кількість вітаміну С різко зменшується. Природа та механізм зв'язування вітаміну С із желатином залишаються незрозумілими.

На другому етапі роботи для одержання відповідей на ці питання було запропоновано провести дослідження ІЧ-спектрів сухих плівок модельних систем желатину з додаванням вітаміну С у різних концентраціях.

Під час дослідження систем, що містять гідроколоїди, наявність значної кількості води призводить до перекриття практично всіх характеристичних смуг макромолекул. Тому в ІЧ-спектроскопії таких систем віддається перевага методу одержання спектрів для зразків у вигляді плівок. Під час виготовлення плівки полімери не підлягають

деструкції, а в спектрах завдяки однорідності зразків, як правило, не спостерігаються порушення за рахунок нерівномірності розташування сполук.

Розташування характерних смуг поглинання ІЧ-спектрів желатину та їх інтенсивності визначаються природою атомних угруповань, які входять до складу макромолекул, і їх розташуванням однієї відносно іншої. Якщо до складу макромолекул входять іоногенні групи, то характерна смуга поглинання залежить також від природи та ступеня окиснення низькомолекулярних протіонів. ІЧ-спектри можуть надавати додаткову інформацію відносно можливих взаємодій макромолекул із низькомолекулярними домішками з утворенням асоціатів. Аналіз спектрів також надає відомості відносно того, які атомні групування макромолекул беруть участь у молекулярній взаємодії, якщо враховувати, що вона дуже впливає на частоти коливань зв'язків.

Для одержання плівок зразки драглів тонким шаром наносили на поліетиленову основу та висувували за температури $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в ексикаторі. Одержані плівки досліджували. ІЧ-спектри модельних зразків знімали на Фур'є-спектрофотометрі TENSOR 27. Спектри записували в межах від 4000 до 400 см^{-1} . Для кожного зразка готували по п'ять плівок і проводили статистичну обробку результатів досліджень одержаних ІЧ-спектрів.

На рис. 3 наведено ІЧ-спектри поглинання сухих плівок модельних зразків № 1 і № 4.

На спектрі желатину спостерігається характерна для всіх білків смуга поглинання за $2973,7\text{ см}^{-1}$, зумовлена валентними коливаннями зв'язку N–H у групах $-\text{NH}_2$, які беруть участь в утворенні водневих зв'язків, і валентними коливаннями зв'язків у групах O–H за $3395,07\text{ см}^{-1}$ та $3321,78\text{ см}^{-1}$. Смуги поглинання $3084,58\text{ см}^{-1}$ і сильно виражена $1642,09\text{ см}^{-1}$ відповідають валентним та деформаційним коливанням зв'язку N–H у групах NH_3^+ . З валентними коливаннями зв'язку C–N пов'язаний пік поглинання $1339,32\text{ см}^{-1}$. Смуга помірної інтенсивності за $1455,99\text{ см}^{-1}$ зумовлена деформаційними коливаннями симетричних зв'язків CH_2 . Поглинання за $1240,97\text{ см}^{-1}$ може бути пов'язане з деформаційними коливаннями зв'язків C–H. Смуги поглинання, які розташовані за $1082,83\text{ см}^{-1}$ і $1205,9\text{ см}^{-1}$, пов'язані з валентними коливаннями зв'язків C–O у групах $\text{CH}-\text{OH}$ і $\text{C}-\text{OH}$, які належать вторинним і третинним спиртам.

ІЧ-спектри сухих плівок драглів 2% желатину (зразок № 1) та 2% желатину з додаванням вітаміну С (зразки № 2, 3, 4) знімали відносно повітря.

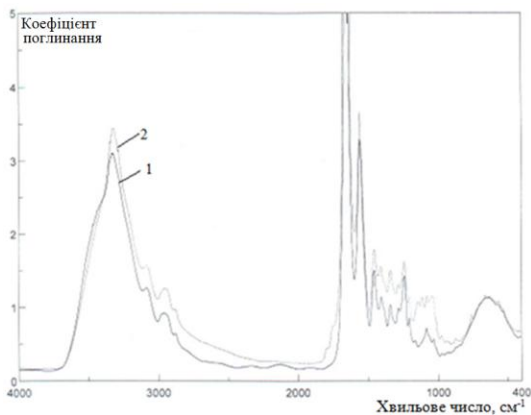


Рис. 3. ІЧ-спектри поглинання сухих плівок модельних зразків № 1 і № 3

На спектрах желатину з додаванням вітаміну С з'являється серія піків поглинання за $1142,62\text{ см}^{-1}$, $1114,65\text{ см}^{-1}$, $1080,91\text{ см}^{-1}$, на спектрі желатину спостерігається тільки смуга за $1082,83\text{ см}^{-1}$. Поява таких смуг поглинання обумовлена валентними коливаннями зв'язків С–О у групах СН–ОН і С–ОН, які належать молекулі АК. Із збільшенням концентрації вітаміну С від 30 мг, 40 мг до 50 мг інтенсивність піків поглинання зростає. На спектрі поглинання желатину спостерігаються слабкі широкі смуги за $2328,62\text{ см}^{-1}$, $2132,88\text{ см}^{-1}$ і $1914,00\text{ см}^{-1}$. Перша з них відповідає коливанням групи $\text{C}=\text{N}^+\text{H}$, друга – коливанням іонного карбоксилу, третя свідчить про наявність амідокислот. При додаванні до розчину желатину вітаміну С ці смуги зникають, проте з'являються нові – за $1792,51\text{ см}^{-1}$ і $1749,12\text{ см}^{-1}$, які відповідають валентним коливанням вільних $\text{C}=\text{O}$ груп. Смуга поглинання $937,23\text{ см}^{-1}$ для зразка желатину обумовлена деформаційними коливаннями зв'язків ОН карбоксильної групи, на спектрі желатину з додаванням вітаміну С стає більш вираженою. Також одночасно спостерігається звуження широкої полоси за $3324,68\text{ см}^{-1}$ для спектра желатину з додаванням вітаміну С, поява невеликого піка за $3283,21\text{ см}^{-1}$ і зникнення піка $3395,07\text{ см}^{-1}$ порівняно зі спектром желатину. Ці полоси поглинання відповідають валентним коливанням зв'язків ОН. Таке збільшення деформаційних коливань дає підстави для того, щоб стверджувати про появу міжмолекулярних зв'язків і молекулярної асоціації у зразках желатину з додаванням вітаміну С. Зміщення сильно вираженої полоси $1642,09\text{ см}^{-1}$ (на спектрі желатину) на $1627,63\text{ см}^{-1}$ (на спектрі желатину з додаванням вітаміну) можна пояснити

електростатичною взаємодією аніону аскорбінової кислоти з аміногрупами желатину. Можна зробити припущення, що така взаємодія приводить до гідрофобізації молекули і появи нових центрів міжмолекулярної взаємодії за групами ОН. Із збільшенням концентрації вітаміну С у модельних системах на ІЧ-спектрах спостерігається зростання сили взаємодії між групами ОН.

Таким чином, порівняння ІЧ-спектрів поглинання сухих плівок зразків 2% желатину та 2% желатину з додаванням вітаміну С приводить до висновку про вплив вітаміну на стан желатину і можливість вивільнення гідроксильних груп для міжмолекулярної взаємодії, що приводить до розрідження системи й утворення молекулярних асоціатів.

Висновки. 1. Визначено вміст вітаміну С, внесеного у різних концентраціях у розчини желатину, за допомогою методу ВЕРХ, для того, щоб встановити кількість зв'язаного вітаміну С у цих системах. 2. Установлено, що різниця у величинах уведеної кількості вітаміну С і визначеної шляхом ВЕРХ може бути пов'язана із здатністю желатину до зв'язування вітаміну, причому в разі збільшення вмісту вітаміну С у зразку до 50 мг/100 г кількість зв'язаного вітаміну значно збільшується. 3. Проведено дослідження ІЧ-спектрів сухих плівок модельних систем желатину з додаванням вітаміну С у різних концентраціях. 4. Аналіз ІЧ-спектрів сухих плівок модельних зразків показав, що додавання вітаміну С впливає на стан желатину, відбувається вивільнення гідроксильних груп для міжмолекулярної взаємодії, що приводить до розрідження системи й утворення молекулярних асоціатів.

Список джерел інформації / References

1. Спиричев В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский // Сиб. унив. изд-во. – 2005. – Новосибирск. – 548 с.

Spirichev, V., Shatnyuk, L., Poznyakovskiy, V. (2005), "Enrichment of food products with vitamins and minerals. Science and Technology" ["Obogashhenie pishhevyh produktov vitaminami i mineral'nyimi veshhestvami. Nauka i tehnologija"], *Sib. univ. publishing house*, Novosibirsk, 548 p.

2. Шатнюк Л. Н. Обогащение пищевых продуктов витаминами: современная нормативная база и практический опыт / Л. Н. Шатнюк // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2012. – № 1. – С. 38–42.

Shatnyuk, L. (2012), "Enrichment of food products with vitamins: modern regulatory framework and practical experience", *Food ingredients: raw materials and additives* ["Obogashhenie pishhevyh produktov vitaminami: sovremennaja normativnaja baza i prakticheskij opyt"], *Pishheve ingredienty: syr'e i dobavki*, No. 1, pp. 38–42.

3. Коденцова В. М. Обогащение пищевых продуктов массового потребления витаминами и минеральными веществами как способ повышения их пищевой ценности / В. М. Коденцова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 3. – С. 10–14.

Kodentsova, V. (2014), “Enrichment of food products of mass consumption with vitamins and minerals as a way to increase their nutritional value”, *Food industry* [“Obogashhenie pishhevyyh produktov massovogo potrebleniya vitaminami i mineral'nymi veshchestvami kak sposob povysheniya ih pishhevoj cennosti”, *Pishhevaya promyshlennost'*], No. 3, pp. 10–14.

4. Тагер А. А. Физико-химия полимеров / А. А. Тагер // Научный мир. – 2007. – 573 с.

Tager, A. (2007), “Physicochemistry of polymers” [“Fiziko-himija polimerov”], *Nauchnyj mir*, 573 p.

5. Кочеткова А. А. Пищевые гидроколлоиды: теоретические заметки / А. А. Кочеткова // Пищевые ингредиенты: сырьё и добавки. – 2000. – № 1. – С. 10–11.

Kochetkova, A. (2000), “Food hydrocolloids: theoretical notes”, *Food ingredients: raw materials and additives* [“Pishhevyye gidrokolloidy”, *Pishhevyye ingredienty: syr'e i dobavki*], No. 1, pp. 10–11.

6. Горшунова К. Д. Исследование взаимодействия гидроколлоидов с жиром и водорастворимыми витаминами в обогащенных пищевых продуктах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15. / К. Д. Горшунова. – М., 2013. – 27 с.

Gorshunova, K. (2013), *Investigation of interaction of hydrocolloids with fat and water-soluble vitamins in enriched food products. Author's thesis [Issledovanie vzaimodejstviya gidrokolloidov s zhiro- i vodorastvorimymi vitaminami v obogashhennykh pishhevyyh produktah: avtoref. dis. kand. tehn. nauk]*, Moscow, 27 p.

7. Кожанова Л. А. Определение водо-жирорастворимых витаминов в поливитаминных препаратах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Л. А. Кожанова, Г. А. Федорова, Г. И. Барам // Жур. аналит. химии. – 2002. – Т. 57, № 1. – С. 49–54.

Kozhanova, L., Fedorova, G., Baram, G. (2002), “Determination of water-fat-soluble vitamins in multivitamin preparations by the method of high-performance liquid chromatography”, *Jour. analyte. chemistry* [“Opredelenie vodo-zhirorastvorimyyh vitaminov v polivitaminnykh preparatah metodom vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii”, *Zhur. analit. himii*], Vol. 57, No. 1, pp. 49–54.

Євлаш Вікторія Владленівна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри хімії, мікробіології та гігієни харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: evlashvv@gmail.com.

Евлаш Виктория Владленовна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой химии, микробиологии и гигиены питания, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: evlashvv@gmail.com.

Evlash Viktoriya, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of the Chemistry, Microbiology and Food Hygiene, Kharkiv State

University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: evlashvv@gmail.com.

Кузнецова Тетяна Олегівна, канд. хім. наук, доц., кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tatianakuzn26@gmail.com.

Кузнецова Татьяна Олеговна, канд. хим. наук, доц., кафедра химии, микробиологии и гигиены питания, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tatianakuzn26@gmail.com.

Kuznetsova Tatyana, Candidate of Chemical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph D), Associate Professor, Department of Chemistry, Microbiology and Food Hygiene, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tatianakuzn26@gmail.com.

Железняк Зинаїда Валеріївна, e-mail: chem_micro@hduht.edu.ua.

Железняк Зинаида Валериевна, e-mail: chem_micro@hduht.edu.ua.

Zheleznyak Zinaida, e-mail: chem_micro@hduht.edu.ua.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. А.Б. Горальчуком.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108642

УДК 621.317.73

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ЗА КОЛЬБОРОМ

Л.В. Кіптела, А.М. Загорулько, О.Є. Загорулько, Б.В. Ляшенко

Однією з проблем під час зберігання та переробки продуктів харчування на основі природної сировини є зміна їх якісних властивостей, насамперед кольору. Це зумовлює необхідність аналізу способів визначення кольорових властивостей сировини з метою пошуку дешевого експрес-методу. Під час аналізу існуючих способів перевагу має комп'ютерний метод обробки цифрових зображень, отриманих безпосередньо під час проведення технологічних процесів.

Ключові слова: колір, природна сировина, спосіб, простота, комп'ютерно-цифровий, якість.