

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. Кіптєла, 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.*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ПО ЦВЕТУ

Л.В. Киптелея, А.Н. Загорулько, А.Е. Загорулько, Б.В. Ляшенко

Одной из проблем при хранении и переработке продуктов питания на основе природного сырья является изменение их качественных свойств, прежде всего цвета. Это обуславливает необходимость анализа способов определения цветовых свойств сырья с целью поиска более дешевого экспресс-метода. При анализе существующих способов преимущество имеет компьютерный метод обработки цифровых изображений, полученных непосредственно во время проведения технологических процессов.

***Ключевые слова:** цвет, природное сырье, способ, простота, компьютерно-цифровой, качество.*

ANALYSIS OF DISADVANTAGES OF THE EXISTING METHODS OF DETERMINING FOOD PRODUCTS QUALITY BY COLOR

L. Kiptela, A. Zahorulko, A. Zahorulko, B. Liashenko

On the basis of vegetable raw materials high-quality products of daily and long-term consumption are produced in the food industry. The main disadvantages of the storage and processing of natural vegetable raw materials are their sensitivity to the influence of environmental factors (oxygen, sunlight, etc.) and to the implementation of final technological operations during products manufacturing.

Determining the change and preservation of one of the main organoleptic, quality and application properties of food products made of vegetable raw material, namely color, is an important task. Determining the color of raw materials after any thermal, mechanical and other types of technological treatments, and even during storage of raw materials is a rather complex and technically expensive task and cannot always be used at the right moment of the technological process. According to many standards of Ukraine and the European Union the color is one of the most important organoleptic properties of food products made of vegetable raw materials. Various methods are used to determine the color properties of natural raw materials and their changes.

Currently colorimetric and spectrometric methods of research are increasingly used, which are in some degree more complicated on further processing of experimentally obtained research results. The analysis of existing methods has confirmed the advantage of the method of determining the color changes, in particular during the technological process, namely: a computer and digital research method based on the use of RGB mode and has advantages over existing methods used today. The advantages of the computer and digital method of researching the uniformity of changing the colored background of development prototypes during the technological processes are: ease of use, calculations, low cost of necessary equipment and the speed of the process under study. This causes

the expediency of further studies of this method for the determination of changes in color properties of food products based on vegetable raw material as one of the organoleptic factors.

Keywords: *color, natural raw material, method, simplicity, computer and digital, quality.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Однією з основних проблем харчової промисловості під час використання, переробки та виготовлення продуктів харчування, зокрема із природної сировини, є зміна її якісних властивостей, насамперед органолептичних (кольору). У багатьох випадках саме кольорові зміни сировини характеризують процес фізико-хімічних змін та втрати біологічно активних речовин (БАР) під час проведення різноманітних технологічних процесів із переробки продукції та навіть під час її зберігання. Саме це зумовлює необхідність аналізу існуючих способів визначення зміни кольору харчових продуктів із природної сировини для вирішення зазначеної проблеми, шляхом подальших досліджень більш простих комп'ютеризованих методів якісного аналізу сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із рослинної сировини в харчовій промисловості виготовляють високоякісні продукти щоденного та тривалого споживання [1]. Основним недоліком зберігання та переробки природної рослинної сировини є її чутливість до впливу навколишніх чинників (кисню, сонячних променів тощо) і до здійснення заключних технологічних операцій (механічної, тепломасообмінної та інших видів обробки) виробництва цієї продукції [2].

Зазначені чинники значною мірою впливають на якісні властивості харчової продукції із природної сировини, що характеризуються багатьма якісними властивостями, насамперед органолептичними, у тому числі кольоровими.

Відповідно до стандартів України [3] та Європейського Союзу однією з найважливіших органолептичних властивостей продуктів харчування з рослинної сировини є колір. Нерівномірність і значні зміни кольору природної сировини свідчать про недотримання певних стадій технологічного процесу, що призвело до фізико-хімічних змін і втрат БАР у сировині та безпосередньо в продукції харчування. Тому потрібно більше уваги приділяти способам визначення зміни кольору природної сировини під час її переробки та зберігання як одного з основних чинників якості отримуваної продукції та за можливості створювати більш прості й швидкі методи визначення змін кольору сировини.

Мета статті – проаналізувати існуючі способи визначення змін кольору природної рослинної сировини із зазначенням їх переваг і недоліків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення кольорових властивостей природної сировини та їх зміни використовують різноманітні, існуючі вже багато років способи. Одним із найпростіших є візуальний спосіб, заснований на сприйнятті кольору об'єкта (природної сировини або ж продуктів харчування) за допомогою органів зору. Око здатне сприймати електромагнітні коливання світлових променів певної довжини (від 396 до 760 нм). Світлочутливою частиною ока є сітківка – оболонка, що утворює півсферу і складається з безлічі рецепторних клітин, що мають форму паличок і колбочок. Сприйняття світла відбувається в паличках, а кольору – в колбах [4]. В основу сприйняття кольору покладено тривимірну теорію зору, уперше висловлену М.В. Ломоносовим, яка базується на використанні трьох основних кольорів: червоного, синього і зеленого.

Згідно із цією теорією в сітківці ока існують три типи колбочок, що реагують на синій, червоний і зелений кольори. Кожен тип колб реагує на світло в межах значної ділянки спектра: колбочки червоного кольору реагують на світло довжиною хвилі 760–620 нм; зеленого – 530–500 нм; синього – 470–430 нм. Також є додаткові кольори: помаранчевий – 620–590 нм, жовтий – 590–560 нм, блакитний – 500–470 нм, фіолетовий – 430–380 нм [5]. Інколи в разі застосування цього способу використовуються еталонні зразки, які все ж таки не здатні забезпечити велику точність під час досліджень. Цей спосіб є більш суб'єктивним та не дозволяє отримувати якісну характеристику за кольором об'єкта дослідження, оскільки на його результат значною мірою впливає людський чинник, оскільки дослідник орієнтується лише на свій власний розсуд.

Сьогодні в більшості випадків використовуються колориметричні та спектрометричні способи дослідження зміни кольору після проведення певних технологічних операцій. Під час вимірювання кольорових параметрів колориметричним способом основним завданням є визначення координат кольору, які дозволяють надалі обчислювати інші величини відповідно до раніше отриманих просторових значень кольору. Координати кольору можуть бути або визначені безпосередньо за допомогою триколірних колориметрів, або обчислені на підставі спектрів дифузного відбиття або ж пропускання [6].

Спектрометричний аналіз полягає в сукупності способів якісного і кількісного визначення складу об'єкта, заснованого на

вивченні спектрів взаємодії досліджуваного зразка з випромінюванням, включаючи спектри електромагнітного випромінювання, акустичних хвиль, за розподілом мас та енергій елементарних частинок та ін. [7]. Саме спектрометричний є найбільш раціональним серед вищенаведених способів. Однак подальша обробка спектрів віддзеркалення та розрахунок параметрів кольоровості продуктів харчування на основі природної сировини є надто складними і потребують значної тривалості під час обробки отриманих експериментальних результатів.

Міжнародною комісією з освітлення Internationale de l'Eclairage (CIE) встановлено, що основні параметри кольору об'єкта дослідження визначаються за допомогою трихроматичних координат кольору XYZ [8]. XYZ-координати кольору об'єкта виражаються за допомогою спектрів відображення такою системою рівнянь [9; 10]:

$$X = k \cdot \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot d(\lambda), \quad (1)$$

$$Y = k \cdot \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot d(\lambda), \quad (2)$$

$$Z = k \cdot \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot d(\lambda), \quad (3)$$

$$k = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot d(\lambda)}. \quad (4)$$

де $S(\lambda)$ і $T(\lambda)$ – спектральні розподілу відповідно до стандартного джерела світла та об'єкта в довжині хвилі λ ; x , y , z – спектральна чутливість рецепторів людського ока, CIE прийнята на підставі психологічних даних для стандартного спостереження.

Величини $S(\lambda)$, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ є стандартними функціями від довжини хвилі у видимій області спектра (380–780 нм). Інтегрування заміняють підсумовуванням, розбиваючи спектр відображення на ряд ділянок шириною $\Delta\lambda$. Далі обчислюють кожну ділянку значення S , T , x , y , z і розраховують значення X , Y , Z . Колір об'єкта, таким чином, є точкою в тривимірному просторі XYZ [9; 10].

Подібні розрахунки потребують багато часу, тому для спрощення методики визначення кольорових властивостей природної сировини використовують спеціалізовані прилади – тонометри, що дозволяють отримати уявлення про колір зразка в реальному часі в тривимірному просторі XYZ.

Сьогодні на практиці використовують поверхневу кольорову поверхню xu відповідно до моделей CIE xuY . Параметри кольору розраховують відповідно до просторових координат XYZ із використанням такого рівняння [9; 10]:

$$x = X / (X+Y+Z); y = Y / (X+Y+Z). \quad (5)$$

Це рівняння значною мірою спрощує визначення кольорових властивостей об'єкта дослідження внаслідок представлення кольору в режимі RGB (набір основних кольорів: червоного (R), зеленого (G) та синього (B)).

Слід також урахувати, що трипросторові координати кольору XYZ пов'язані з RGB таким чином [10; 11]:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,6067 & 0,1736 & 0,2001 \\ 0,2988 & 0,5868 & 0,1143 \\ 0,0000 & 0,0661 & 1/1149 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (6)$$

Відповідно, визначення кольорових властивостей здійснюється в просторі xu на основі отриманих значень XYZ із використанням рівняння (5) під час комп'ютерної автоматичної обробки. Перевагою використання цього способу є точність вимірювання, а до недоліків наведених вище електронних пристроїв можна зарахувати складність їх обслуговування, високу ціну обладнання та неможливість здійснювати дослідження безпосередньо під час більшості технологічних процесів, зокрема жарення, сушіння, пастеризації та ін.

Слід також пам'ятати, що будь-яка рослинна сировина або продукти харчування мають спектрально-оптичні властивості, а саме: ступінь віддзеркалення, пропускання та поглинання сировиною відповідних хвиль [12]. Для вимірювання спектрально-оптичних властивостей сировини використовують сучасні спектрофотометри, які на сьогодні є дорогими технічними пристроями.

Був проведений аналіз сучасних комп'ютерно-цифрових методів дослідження зміни кольору рослинної сировини, що базується на використанні економічно доступного технічного обладнання,

зокрема на основі фотокамер, наприклад «Canon EOS 1200D», а також сучасних безкоштовних програмних ресурсів з обробки цифрових зображень на основі відомих комп'ютерних програм («Photoshop», «ColorPix», «Colors 2.2», «Exotic Colors» та ін.).

Цей метод базується на комп'ютерній обробці кольорового цифрового зображення (фотознімок) дослідного зразка, отриманого перед обробкою та в певний необхідний час будь-якої технологічної операції, наприклад: сушіння, концентрування та ін. Отриманий кольоровий фон на фотознімку відкривається, наприклад, у комп'ютерній програмі «Photoshop», у якій здійснюється подальша обробка фону необхідного зразка відповідно до CIE у кольоровому режимі RGB. Після цього роблять висновки про характер зміни кольору зразка до та після технологічної обробки. Попередній аналіз комп'ютеризованого методу дозволяє зробити висновок, що саме цей спосіб є простішим, дешевшим і портативним.

Надалі планується проведення детальніших експериментально-практичних досліджень ефективності використання комп'ютерно-цифрового методу визначення змін кольорових властивостей продуктів харчування на основі рослинної сировини безпосередньо перед початком та під час технологічного процесу (сушіння плодово-ягідної сировини) та в процесах концентрування природних поре з подальшим їх досушуванням у розробленому енергоефективному обладнанні.

Висновки. Проаналізовано існуючі способи визначення кольорових властивостей природної рослинної сировини із зазначенням їх переваг і недоліків. Під час досліджень певну увагу приділили комп'ютерно-цифровому методу, що базується на використанні високотехнічних фотокамер і сучасних безкоштовних комп'ютерних програм для обробки цифрових зображень. У подальшому планується апробація та адаптація зазначеного способу в лабораторних умовах.

Список джерел інформації / References

1. Тенденції та перспективи розвитку ринку плодовоовочевої продукції в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>

Tendencies and prospects for the development of fruit and vegetable products in Ukraine [«Tendentsii ta perspektyvy rozvytku rynku plodoovochevoi produktsii v Ukraini»], available at: <http://zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>

2. Умови зберігання плодово-ягідної продукції [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://propozitsiya.com/?page=146&itemid=4372>

«Conditions of storage of fruits and berries» [«Umovy zberihannya plodovoyahidnoy i produktsiyi»], available at: <http://propozitsiya.com/?page=146&itemid=4372>

3. Ловачева Г. Н. Стандартизация и контроль качества продукции / Г. Н. Ловачева, А. И. Мглинец, Н. П. Успенская. – М. : Экономика, 1990. – 239 с.
Lovacheva, H., Mhlynets, A., Uspenskaya N., (1990), *Standardization and quality control of products [Standartyzatsyya y kontrol' kachestva produktsyyu]*, Ekonomyka, Moscow, 239 p.
4. Визуальный метод. Классификация хроматических цветов, их физические свойства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://znaytovar.ru/s/Vizualnyj-metodklassifikac.html>
«Visual method. Classification of chromatic colors, their physical properties» [«Vyuzal'nyy metod. klassyfykatsyya khromaticheskyykh tsvetov, ykh fizycheskiye svoystva»], available at: <https://znaytovar.ru/s/Vizualnyj-metodklassifikac.html>
5. Зір [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%96%D1%80>
«Vision» [«Zir»], available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%96%D1%80>
6. Колометрия (наука) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Колометрия_\(наука\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Колометрия_(наука))
«Colometry (science)» [«Kolometrya (nauka)»], available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Колометрия_\(наука\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Колометрия_(наука))
7. Спектральный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Спектральный_анализ
«Spectral analysis» [«Spektral'nyy analiz»], available at : https://ru.wikipedia.org/wiki/Спектральный_анализ
8. Вікі Міжнародна комісія з освітленості [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk.wikipedia.org/wiki/Міжнародна_комісія_з_освітленості
«Wiki International Commission on Illumination» [«Wiki Mizhnarodna komisiya z osvitenosti»], available at : https://uk.wikipedia.org/wiki/Міжнародна_комісія_з_освітленості
9. Wyszecki, G., Stiles, W. (1982), *Color science: Concepts and methods quantitative data and formulas*, John Wiley & Sons, New York.
10. Константинов М. М. Способ определения равномерности гидротермической обработки зерна крупных культур / М. М. Константинов, А. А. Румянцев, Н. А. Борзов // Известия Оренбургского гос. аграр. ун-та. – 2012. – Вып. 35–1, т. 3. – С. 79–82.
Konstantynov, M., Rumyantsev, A., Borzov, A. (2012), «Method for determining the uniformity of hydrothermal processing of cereals of cereals» [«Sposob opredelenyya ravnomernosti gidrotermicheskoy obrabotky zerna krupyanykh kul'tur»], *Yzvestiya Orenburhskoho gosudarstvennogo ahrarnogo unyversyteta*, Issue 35-1, Vol. 3, 79-82 pp.
11. Giorgianni, E., Madden, T. (1998), *Digital Color Management: Encoding Solutions*. Addison Wesley. USA.
12. Ильясов С. Г. Методы определения оптических и терморadiационных характеристик пищевых продуктов / С. Г. Ильясов, В. В. Красников. – М. : Пищевая пром-сть, 1972. – 175 с.

Pyasov, S., Krasnikov, V. (1972), *Methods for determining the optical and thermoradiation characteristics of food products [Metodyi opredeleniya opticheskikh i termoradiatsionnykh harakteristik pischevyykh produktov]*, Pischevaya promyishlennost, Moscow, 175 p.

Кіптела Людмила Василівна, д-р техн. наук, проф., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0679885152; e-mail: kiptela_L.V@hduht.edu.ua.

Киптелая Людмила Васильевна, д-р техн. наук, проф., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0679885152; e-mail: kiptela_L.V@hduht.edu.ua.

Kiptela Lyudmila, Dr. of Technical Sciences, Professor, Faculty of Equipment and Technical Services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Тел.: 0679885152; e-mail: kiptela_L.V@hduht.edu.ua.

Загорулько Андрій Миколайович, канд. техн. наук, факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Загорулько Андрей Николаевич, канд. техн. наук, факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Zahorulko Andrey, PhD, Faculty of Equipment and Technical Services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: zagorulkoAN@hduht.edu.ua.

Загорулько Олексій Євгенович, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Загорулько Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Zagorulko Alexey, PhD, Sc. Associate Professor, Faculty of Equipment and Technical Services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: zagorulko@hduht.edu.ua.

Ляшенко Богдан Віталійович, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: Liashenko@hduht.edu.ua.

Ляшенко Богдан Витальевич, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: Liashenko@hduht.edu.ua.

Liashenko Bogdan, PhD, Sc. Associate Professor, Faculty of Equipment and Technical Services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: Liashenko@hduht.edu.ua.

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

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108644