

Serik Maksim, Candidate of Technical Sciences, Docent, Department of Chemistry, Microbiology and Food Hygiene, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str. 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: nnihtb@ukr.net.

Нікітін Сергій Васильович, асп., кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: evlashvv@mail.ru.

Никитин Сергей Васильевич, аспірант, кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: evlashvv@mail.ru.

Nikitin Sergey, Graduate student, Department of Chemistry, Microbiology and Food Hygiene, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: evlashvv@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. А.Б. Горальчуком.
Отримано 15.04.2017. ХДУХТ, Харків.*

УДК 543.062:635.15

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛЬОРУ ЦУКАТІВ В РЕДЬКИ З ВИКОРИСТАННЯМ СУБ'ЄКТИВНИХ ТА ОБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ

**А.А. Дубініна, Т.В. Щербакова, Г.А. Селютіна,
Ю.М. Хацкевич, О.В. Виродова**

Споживні властивості цукатів обумовлені їх приємним смаком, високою засвоюваністю, стабільністю під час зберігання, універсальністю використання як для безпосереднього споживання, так і для виготовлення великої кількості кондитерських виробів. Представлені результати дослідження кольору розроблених цукатів із редьки з використанням суб'єктивних та об'єктивних методів. Установлено, що отримані характеристики добре узгоджуються між собою і суттєво полегшують оцінку кольору під час розробки нових харчових продуктів.

***Ключові слова:** редька, цукати, колір, домінуюча довжина хвилі, чистота кольору, яскравість.*

© А.А. Дубініна, Т.В. Щербакова, Г.А. Селютіна, Ю.М. Хацкевич,
О.В. Виродова, 2017

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТА ЦУКАТОВ ИЗ РЕДЬКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУБЪЕКТИВНЫХ И ОБЪЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ

**А.А. Дубинина, Т.В. Щербакова, Г.А. Селютина,
Ю.Н. Хацкевич, О.В. Выродова**

Потребительские свойства цукатов обусловлены их приятным вкусом, высокой усвояемостью, стабильностью во время хранения, универсальностью использования как для непосредственного употребления, так и для изготовления кондитерских изделий. Представлены результаты исследования цвета разработанных цукатов из редьки с использованием субъективных и объективных методов. Установлено, что полученные характеристики хорошо согласуются между собой и существенно облегчают оценку цвета при разработке новых пищевых продуктов.

Ключевые слова: редька, цукаты, цвет, доминирующая длина волны, чистота цвета, яркость.

THE STUDY OF COLOR OF RADISH SUCCADES BY MEANS OF SUBJECTIVE AND OBJECTIVE TECHNIQUES

**A. Dubinina, T. Shcherbakova, G. Seljutina,
Y. Hachevich, O. Vyrodova**

Previous studies have shown radish to be a valuable food product. It is established the nutrition and biological value of radish is caused by the presence of sugars, tissue, proteins involving choline, adenine and other purine bases, vitamin C and B1, such minerals as calcium, iron, magnesium and phosphorus. Radish taste are caused by ethereal oils as well as its spice by glycosides. The chemical composition of radish roots is unstable and depends on the subtype, variety and growing conditions. However, despite the unique chemical structure and pharmacological properties of radish, this root is not consumed by people the in processed form. By results of researches with the application of mathematical modeling techniques there are developed the new products of radish - succades.

Succades have good consumer properties due to their pleasant taste, high digestibility, storage stability, versatility of use both for direct consumption and for making a large number of confectionery. According to the developed recommendations for appropriate direction of radish treatment for obtaining succades there were selected species Dragon-heart and Rose which meet the requirements for raw materials during the production of this commodity group.

The developed recipe of radish succades supposes the use of ginger and lemon zest and orange, which along with a pleasant aroma contain significant amounts of vitamins (C, B, PP, E, β -carotene) and minerals (magnesium, selenium, copper, iron).

The paper presents the results of study of developed radish succades by means of subjective and objective methods. The color of sample "Pink" is established as a saturated red as for sample "Yellow" as a nice yellow-green color of medium intensity.

For obtaining the quantitative color characteristics of new products by means of diffusion reflectance spectrometry there were established the values of the dominant wavelength, color purity, brightness and CIE XYZ system as well as lightness, blue-yellow and red-green color components in the system CIE Lab.

The experimental results have shown the dominant wavelength of "Pink" succades is 525,4 nm that describes the color as green in addition to non-spectrum color purple. The succades sample "Yellow" has dominant wavelength of 572,2 nm characterizing its color as greenish-yellow.

The purity color value of "Pink" sample is 5.0% and "Yellow" sample is 9.99%. In terms of Lab system L parameter for "Pink" sample is 77.5 and for "Yellow" sample 88.1. It is shown the comparative characteristic color values obtained by these systems. It is established the obtained quantitative characteristics are of good agreement with the organoleptic evaluation and sufficiently simplify the color estimation at the development of new foods.

Keywords: radish, succades, color, dominant wavelength, color purity, brightness.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У сучасних непростих екологічних умовах різко зростає значення фруктів та овочів у харчуванні населення. Доведено, що продукція рослинного походження є необхідною для підвищення активності захисних сил організму, попередження різних захворювань та нормальної життєдіяльності людини. А вже саме плодовоовочеві продукти містять значну кількість функціональних інгредієнтів, до яких відносять вітаміни, мінеральні речовини, незамінні амінокислоти, пектинові речовини, фітонциди, ефірні олії тощо.

Аналіз літературних джерел доводить, що редька – цінний харчовий продукт. Харчова та біологічна цінність редьки обумовлена наявністю цукрів, клітковини, білків, вітамінів С і В₁, мінеральних речовин. Смакові якості редьки залежать від ефірних олій, а гострота зумовлена глікозидами. Проте, не дивлячись на унікальний хімічний склад та фармакологічні властивості редьки, цей коренеплід практично не споживається населенням у переробленому вигляді [1].

Тому актуальним є питання розширення асортименту продукції з коренеплодів редьки, яка б мала високі органолептичні характеристики, харчову і біологічну цінність, низьку собівартість і високу рентабельність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Редька – продукт харчування з високим вмістом біологічно активних речовин, харчова цінність якого обумовлена значними фармакотерапевтичними,

біологічними, фізіологічними, енергетичними властивостями. Здавна коренеплід використовувався не лише для харчування, але й для зміцнення імунної системи організму, профілактики та лікування багатьох захворювань. На сьогодні питання здорового харчування з високими лікувально-профілактичними властивостями та харчовою цінністю можна вирішити за рахунок використання в їжу коренеплодів редьки в різному вигляді – свіжому або переробленому. Проте, редька використовується переважно у свіжому вигляді.

Аналіз вітчизняної і закордонної літератури дозволяє зробити висновок, що пропонуються нові напрями використання коренеплодів для виробництва різноманітних страв та розширення асортименту продукції з нетрадиційної сировини. Проте коренеплоди використовуються як приправа, а не основна сировина для виробництва продуктів. Тому, зважаючи на унікальні хімічний склад і властивості – з одного боку, та дешевизну – з іншого, редька є перспективним коренеплодом для виготовлення продуктів масового споживання.

Важливим критерієм якості харчового продукту з точки зору споживача є колір, який зумовлений присутністю природних барвних речовин, впливом технологічних параметрів переробки рослинної сировини, наявністю харчових барвників для його поліпшення.

На сьогоднішній день не існує єдиної методики визначення кольору харчових продуктів. Методи визначення кольору поділяють на суб'єктивні (органолептичні) та об'єктивні (інструментальні).

Найбільш розповсюдженим методом є сенсорне оцінювання групою експертів за системою балових шкал, що була рекомендована у свій час Європейською організацією за контролем якості, оскільки він полегшує задачу приведення у відповідність рівня сенсорних властивостей виробів різних країн [2].

Що стосується об'єктивних методів, то аналіз досліджень і публікацій показав, що універсального інструментального методу кількісного оцінювання кольору не існує, оскільки консистенція харчових продуктів може бути рідкою, в'язкою або твердою, тому колір буде залежати від здібності поглинати, пропускати, розсіювати або відбивати світло [3].

Метою статті є оцінювання кольору нових продуктів із коренеплодів редьки за допомогою суб'єктивних і об'єктивних методів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведені маркетингові дослідження показали, що цукати є затребуваним продуктом серед широкого кола населення. Асортимент цієї групи

продуктів значно розширився за рахунок використання в якості сировини не лише традиційних фруктів та овочів (яблук, груш, айви, дині, гарбуза, моркви), а й екзотичних – ананасів, ківі, імбиру та ін. Проте більшість цукатів часто характеризується високим умістом штучних барвників і консервантів, які значно знижують їх харчову цінність та безпечність, а за рахунок використання екзотичної сировини мають високу вартість, що робить їх недоступними широкому колу споживачів. Тому використання редьки як сировини для виробництва цукатів є доцільним та економічно вигідним.

За попередніми експериментальними дослідженнями споживчих властивостей 8 сортів редьки згідно з розробленими рекомендаціями з доцільного напрямку використання для виготовлення цукатів було обрано сорти Серце дракона та Трояндова. Вони задовольняють вимогам до сировини для виробництва цієї групи товарів із урахуванням структурно-механічних властивостей коренеплідів.

Також було враховано, що важливим критерієм споживчих переваг під час вибору зазначеного товару є колір. М'якоть редьки сорту Серце дракона має рожевий колір різної насиченості з фіолетовим відтінком за рахунок вмісту антоціанів. М'якоть редьки сорту Трояндова відрізняється від інших сортів чистим білим кольором без сірого або жовтого відтінків, тому застосування імбиру, а також цедри лимона та апельсина в рецептурі дозволило не лише сформувати колір продукції, поліпшити її смако-ароматичні характеристики, а й збагатити готову продукцію цінними компонентами.

Цукати з редьки оцінювалися дегустаторами за зовнішнім виглядом, консистенцією, кольором і смаком (табл. 1).

Таблиця 1

Органолептичні показники цукатів із редьки

Показник	Цукати із редьки	
	«Рожеві»	«Жовті»
1	2	3
Зовнішній вигляд	Незлиплі шматочки одного розміру, без сторонніх домішок	
Консистенція	Щільна, зацукрованість поверхні відсутня	

1	2	3
Колір	Натуральний, однорідний, насичений темно-червоний із фіолетовим відтінком	Натуральний, однорідний, приємний жовто-зелений колір середньої інтенсивності
Смак	Насичений, чистий, гармонійний, кисло-солодкий, добре виражений цитрусовий, легкий післясмак імбиру, дещо пекучий, пікантний, без сторонніх присмаків	

Під час дегустації всі експерти відзначили, що зразки цукатів мають натуральний приємний однорідний колір. Колір зразку цукатів «Рожеві» визначено як насичений темно-червоний з фіолетовим відтінком, цукатів «Жовті» – приємний жовто-зелений колір середньої інтенсивності.

Метою дослідження також є оцінювання кольору нових продуктів із коренеплодів редьки за допомогою об'єктивних методів. До способів розрахунку кольорових координат і побудови кольорової координатної системи відноситься найпоширеніший метод оцінки кольору фізичного об'єкта за методом, встановленим Міжнародною комісією з освітлення (МКО).

Мета методу полягає у визначенні процесу вимірювання та розрахунку кольорових характеристик цукатів, отриманих із триколірних складових моделей CIE XYZ відповідно до рішення МКО. Він базується на тому, що будь-який спектральний колір можна представити у вигляді суми трьох хроматичних кольорів – червоного, синього, зеленого – у відповідних співвідношеннях. Ця модель є найбільш близькою до відчуття реального спостерігача [4].

Основний спосіб визначення кольору за допомогою інструментального методу полягає в розкладанні світлового потоку на спектральні компоненти і вимірюванні кожного компонента окремо, тобто отримання спектрального коефіцієнта відбиття для непрозорих зразків у діапазоні видимого спектра.

Вимірювання спектрів дифузного відбиття поверхні дослідних зразків проводили за допомогою спектрофотометра СФ-2000, обладнаному приставкою для вимірювання коефіцієнтів дифузного відбиття в діапазоні довжин хвиль 400–750 нм.

За результатами спектральних досліджень зразків цукатів із редьки встановлено, що хід спектральних кривих різний.

Спектр відбиття зразків цукатів «Рожеві» має селективне відбиття у синій області видимого спектра (450 нм) з коефіцієнтом відбиття $R_f = 65\%$, зменшується в зелено-жовтій області і поступово зростає до значення коефіцієнта відбиття 90–95% у червоній області (рис. 1).

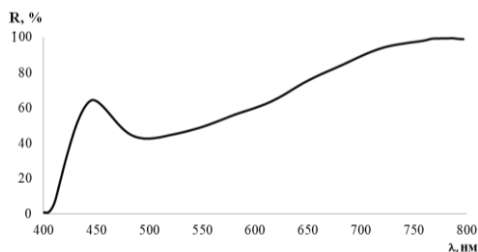


Рис. 1. Спектр дифузного відбиття зразка цукатів «Рожеві» у видимій області спектра

Це свідчить про те, що основний внесок до загального кольору зразка вносять синій та червоний спектральні кольори, що характеризує загальний колір як синьо-червоний, або фіолетовий, це підтверджується органолептичним оцінюванням кольору зразка.

Інший вигляд має спектр дифузного відбиття зразків цукатів «Жовті»: спостерігається селективне відбиття в області видимого спектра 550–600 нм із коефіцієнтом відбиття 75–80%, яке зменшується у червоній області до 30–40%. Це свідчить про те, що основний внесок до загального кольору зразка вносять зелений та жовтий спектральні кольори і характеризує загальний колір як зеленувато-жовтий (рис. 2), що підтверджується органолептичним оцінюванням кольору зразка.

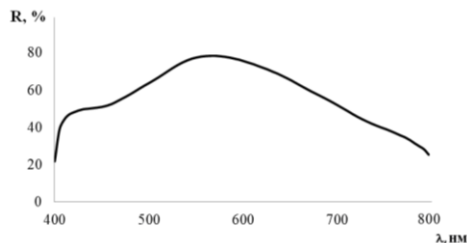


Рис. 2. Спектр дифузного відбиття зразка цукатів «Жовті» у видимій області спектра

За допомогою вбудованого програмного забезпечення SFScan визначали кольорові характеристики дослідних зразків у системі CIE XYZ. У якості стандарту освітлення було взято стандарт D₆₅ МКО 1964, який на сьогодні є широко прийнятим для математичної оцінки кольору.

Отримані питомі координати x і y за допомогою кольорового графіка у вигляді одиничної площини ($x+y+z=1$) тривимірного колірної простору дозволяють визначити такі показники – домінуючий тон (домінуючу довжину хвилі λ), чистоту кольору $P, \%$; яскравість $T, \%$.

Крім того, були розраховані кольорові координати у системі CIE Lab, за якими надалі було відтворено колір за допомогою програмного забезпечення CorelDraw (табл. 2).

У системі CIE Lab визначали такі характеристики кольору: світлоту L^* , червоно-зелену компоненту кольору a^* , синьо-жовту компоненту кольору b^* .

За результатами досліджень встановлено, що домінуюча довжина хвилі у цукатів «Рожеві» становить 525,4 нм, що характеризує колір як зелений – додатковий до неспектрального пурпурного, проте цього кольору за системою CIE XYZ не існує.

У зразку цукатів «Жовті» домінуюча довжина хвилі становить 572,2 нм, що характеризує колір як жовто-зелений. Внесок зеленої складової у загальний колір зразка за величиною чистоти кольору складає 27,69%.

Яскравість дорівнює 32,2% для цукатів «Рожеві» і 37,04% для цукатів «Жовті».

Таблиця 2

**Характеристики кольору дослідних зразків
($S_r=0,05$, $n=5$, $p=0,95$)**

Параметр	Цукати з редьки	
	«Рожеві»	«Жовті»
1	2	3
Система CIE XYZ		
X	54,5	66,5
Y	52,2	72,1
Z	55,5	56,1
x	0,3364	0,3414

Продовження табл. 2

1	2	3
у	0,3220	0,3704
Домінуюча довжина хвилі, нм	525,4	572,2
Яскравість, %	32,2	37,04
Чистота кольору, %	5,00	27,69
Спектральний колір (домінуючий тон)	Зелений* (*додатковий до неспектрального пурпурного)	Жовто-зелений
Система CIE Lab		
L*	77,5	88,1
a*	13,0	- 4,5
b*	- 1,3	19,0

За показниками системи Lab параметр L* для зразка цукатів «Рожеві» складає 77,5%, для цукатів «Жовті» – 88,1%. Червоно-зелена компонента кольору a* вказує на внесок зеленого (-a) або червоного (+a) кольору, а синьо-жовта компонента кольору b* вказує на внесок синього (-b) або жовтого (+b) кольору в загальний колір зразка. Для цукатів «Рожеві» значення цих параметрів складає a = 13,0, b = -1,3, що дозволяє характеризувати загальний колір як червоний із фіолетовим відтінком. Для цукатів «Жовті» значення цих параметрів складає a = -4,5, b = 19,0, що дозволяє характеризувати загальний колір як жовтий із зеленуватим відтінком.

Висновки. Проведені дослідження показали можливість використання інструментального методу для кількісної оцінки кольору цукатів. Розраховані параметри кольору добре узгоджуються між собою у системах CIE XYZ та CIE Lab.

Визначені спектральні кольори зразків цукатів «Рожеві» і «Жовті» за розрахованими значеннями домінуючої довжини хвилі також добре узгоджуються із показником «колір», отриманим за органолептичною оцінкою зразків.

Таким чином, показана доцільність застосування методу МКО для характеристики кольору, що суттєво полегшує оцінку кольору під час розробки нових харчових продуктів.

Список джерел інформації / References

1. Li Thomas, S.C. (2008), *Vegetables and fruits: nutritional and therapeutic values*, CRC Press Taylor & Francis Group, London, 286 p.

2. Douglas, B. MacDougall (2002), *Colour in food*, CRC Press LLC, New York, 380 p.
3. Hutchings, J. (2002), "Colour, appearance, expectations and the food industry", *Trends in Food Sci. and Technol.*, Vol. 11, pp. 340–346.
4. Hunt, R.W.G. (2004), "Measuring colour", *J. Food. Agric. Chem.*, Vol. 52, pp. 2491–2495.

Дубініна Антоніна Анатоліївна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Дубинина Антонина Анатольевна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Dubinina Antonina, TechSciD, Prof., Department of Merchandising and Goods Expertize, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Щербакова Тетяна Віталіївна, канд. техн. наук, доц., кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Щербакова Татьяна Витальевна, канд. техн. наук, доц., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Shcherbakova Tatiana, Ass. Prof, sci. degree: Cand. in TechSciD, Ass.Prof., Department of Merchandising and Goods Expertize, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Селютіна Галина Анатоліївна, канд. техн. наук, доц., проф. кафедри товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Селютинна Галина Анатольевна, канд. техн. наук, доц., проф. кафедры товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Seljutina Galyna, Prof., sci. degree: Cand in TechSciD, Ass. Prof., Department of Merchandising and Goods Expertize, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Хацкевич Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доц., кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Хацкевич Юрий Николаевич, канд. техн. наук, доц., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Hackevich Yuri, Ass. Prof, sci. degree: Cand in TechSciD, Ass. Prof., Department of Merchandising and Goods Expertize, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Виродова Оксана Володимирівна, асист. кафедри товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Виродова Оксана Владимировна, ассист. кафедры товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Vyroдова Oksana, Postgraduate, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Г.В. Дейниченком.
Отримано 15.04.2017. ХДУХТ, Харків.*

УДК 519.876.5: 664

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

М.І. Погожих, В.В. Седунова, М.А. Чеканов

Розглянуто проблему визначення енергоефективності енерготехнологічних процесів, що ідентифікуються як термодинамічна система. Вибрано і обґрунтовано фізико-математичні методи моделювання та аналізу енерготехнологічних процесів харчових виробництв для оцінювання їх ефективності. Фізичний аналіз стану термодинамічної системи на основі законів збереження, другого закону термодинаміки з використанням

© Погожих М.І., Седунова В.В., Чеканов М.А., 2017