

Секція 4 **ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ**

УДК 543.422.7:664.854

Т.В. Міщенко

А.О. Пак, канд. техн. наук

М.І. Погожих, д-р техн. наук

**КОЛОРИМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
СУШЕНОЇ ЧОРНОЇ СМОРОДИНИ**

Досліджено зміну кольорових параметрів сушеної чорної смородини залежно від різних режимів ЗТП-сушіння плодово-ягідної сировини.

Исследовано изменение цветовых параметров сушеной черной смородины в зависимости от различных режимов СТП-сушки плодово-ягодного сырья.

Change of color parameters of a dried black currant depending on various modes of STP-drying of fruit-berry raw materials is investigated.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Колір є одним з найважливіших критеріїв якості продуктів харчування та дотримання технологічної дисципліни під час переробки натурального продукту. Він є чутливим до змін технологій отримання, умов зберігання сировини або кінцевого продукту. Крім цього колір забезпечує не тільки зовнішню привабливість харчових продуктів, але і впливає на смакове сприйняття їжі, апетит [1]. Останнім часом колориметрія, як наука про спосіб вимірювання кольору, привернула до себе велику увагу. Колір харчових продуктів, у своїй звичній інтерпретації, визначається, як суб'єктивна оцінка дії електромагнітного випромінювання видимої області на зоровий апарат людини. В той же час колір, визначений сенсорним шляхом, відноситься до органолептичних характеристик, що включаються до ДСТУ, ТУ, ТІ та інші нормативні документи [2]. У зв'язку з цим виникає необхідність в об'єктивних методиках вимірювання кольору, способах його кількісного та якісного вираження. Колориметричні дослідження дають можливість знайти відповідь на поставлені запитання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час відомо багато способів представлення кольору, так званих кольорових моде-

лей, до них відносяться системи RGB, XYZ, Lab та ін. У даних колориметричних дослідженнях була використана методика, що базується на використанні адитивної колориметричної системи XYZ, запропонованої Міжнародною комісією по освітленню (МКО).

Колориметрична модель XYZ розроблена відповідно до концепції стандартного спостерігача, котра в свою чергу базується на моделі сприйняття кольору паличками та колбочками ока людини [3]. Згідно з системою XYZ кожен колір може бути представлений у вигляді суми трьох лінійно незалежних (основних) кольорів

$$F = x \cdot X + y \cdot Y + z \cdot Z ,$$

де X, Y, Z – лінійно незалежні кольори; x, y, z – координати кольору.

Таким чином, колір є тривимірною величиною і характеризується трьома координатами, які виражають міру основних кольорів. Будучи віднесені до стандартного спостерігача координати кольору описують фізичний аспект кольору, не враховуючи зміну сприйняття кольору оком при зміні умов спостерігання.

Мета та завдання статті. У процесі сушки чорної смородини, як і в процесі будь-якого іншого складного технологічного процесу переробки харчової сировини, відбувається зміна кольору. Як відомо колір чорної смородини забезпечують фарбувальні пігменти – антоціани. Молекули фарбника даного класу відносяться до флавоноїдів. Антоціани мають позитивний заряд, що обумовлює їх чутливість до впливу рН середовища і варіювання кольору від рожево-червоного до фіолетового кольору [4]. Крім того, при тепловій обробці антоціанів, як і більшості природних харчових фарбників: каротиноїдів, хлорофілів, фенольних сполук, також відбувається зміна забарвлення. У зв'язку з цим, в процесі переробки плодово-ягідної сировини, є важливим обрати такі режими при яких відбувається мінімальна зміна кольору кінцевого продукту переробки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сушка чорної смородини була здійснена за допомогою ЗТП-сушіння з піноутворенням [5]. Однією з головних особливостей ЗТП-сушіння є те, що в процесі обезводнення не відбувається усадки об'єкту, що позитивно позначається на якості переробленої сировини. Під час сушки на колір плодово-ягідної сировини впливають два взаємозв'язані чинники: температурний та часовий. У зв'язку з цим був проведений процес сушки за різних режимів. Зразки зневоднювались за температури сушильного агента 52, 60, 70, 80⁰ С. Криві кінетики температури, в залежності від різних режимів, наведені на рис. 1

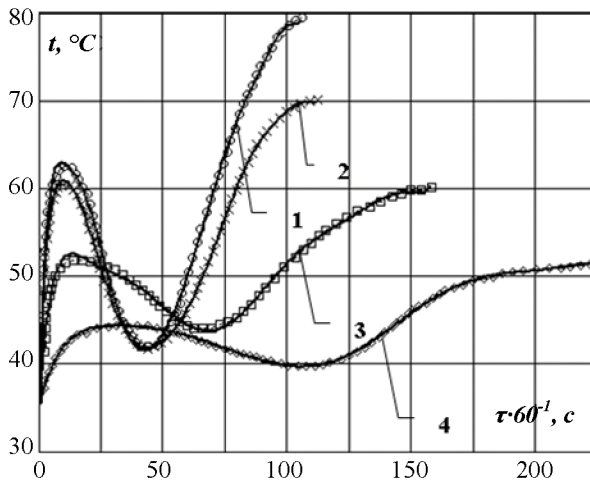


Рисунок 1 – Кінетика температури при ЗТП-сушінні плодово-ягідної сировини з піноутворенням за різної температури сушильного агента, °C: 1 – 80; 2 – 70; 3 – 60; 4 – 52

Визначення колірних характеристик сушеної чорної смородини було здійснено на основі результатів спектрофотометричних досліджень зразків за допомогою фотометра КФК-3. Оскільки одержуваний сушений фруктовий концентрат не є однорідним, а являє собою дисперсну систему, в якій у якості дисперсної фази виступають шкірка і кісточки, то доцільно проводити спектрофотометричне дослідження зразків сушеної чорної смородини приготованих наступним чином: 2 г сушеної чорної смородини заливали 10 мл дистильованої води і витримували протягом 30 хвилин при кімнатних температурах. Як контроль виступав зразок, в якому 20 г подрібненої чорної смородини заливали 82 мл дистильованої води і витримували протягом 30 хвилин за тих же умов, при цьому кількість сухих речовин була такою ж як і кількість сухих речовин дослідних зразків.

Одержані спектри пропускання контрольного та дослідних зразків наведено на рис. 2.

Видно, що колірні відмінності зразків обумовлені довжинами хвиль в області більше 600 нм. Проте необхідно врахувати чутливість людського ока до різних кольорів.

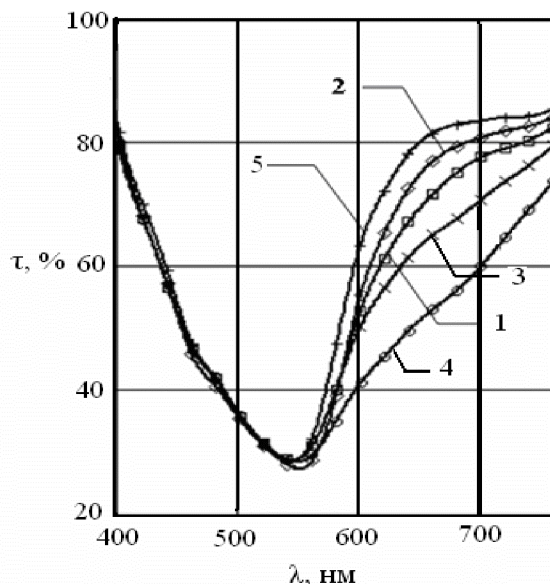


Рисунок 2 – Спектри пропускання зразків чорної смородини, що були висушені за допомогою ЗТП-сушіння при температурі сушильного агента: 1 – 80; 2 – 70; 3 – 60; 4 – 52⁰ С; 5 – контрольний зразок

Як було сказано вище, для вираження кольору, згідно з колориметричною системою XYZ, використовують координати кольору (X , Y , Z), крім цього існують такі колірні характеристики, як колірний тон (λ) та колориметрична чистота кольору (P_c), які однозначно визначають кольоровість і мають більшу наочність та інформативність.

Для знаходження колірних параметрів був використаний метод зважених ординат і колірний графік [6]. За даними спектральних залежностей із застосуванням методу зважених ординат був здійснений розрахунок колірних координат згідно з наступним виразом:

$$\begin{aligned}
 X &= \sum \bar{x}(\lambda)\tau(\lambda)I_{\lambda} ; \\
 Y &= \sum \bar{y}(\lambda)\tau(\lambda)I_{\lambda} ; \\
 Z &= \sum \bar{z}(\lambda)\tau(\lambda)I_{\lambda} ;
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $\tau(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт пропускання зразка; $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ – функції зсуву; I_λ – спектральна щільність випромінювання джерела; X , Y , Z – координати кольору.

Для кожного зразка по отриманим координатам кольору були розраховані триколірні коефіцієнти наступним чином:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}. \quad (3)$$

Останні дають можливість нанести кольоровість розрахованих зразків на площину колірного графіка і визначити колірні характеристики.

Колірний графік є трикутником, у вершинах якого розташовані одиничні кольори XYZ, у центрі тяжіння трикутника знаходиться білий колір. На площину графіка нанесена крива колірності монохроматичного випромінювання. На перетину кривої спектральних тонів і прямої, проведеної через точку білого кольору і через точку нанесеної колірності знаходиться кольоровий тон. Розрахунок колориметричної чистоти здійснювали наступним чином:

$$P_c = \frac{y_\mu}{y_N} \cdot \frac{y_N - y_W}{y_\mu - y_W}, \quad (4)$$

де y_μ – триколірний коефіцієнт точки перетину прямої проведеної через точку білого кольору та точку розрахованої колірності з кривою спектральних тонів; y_N – триколірний коефіцієнт розрахованого зразка; y_W – триколірний коефіцієнт білого кольору.

Для здійснення колориметричних розрахунків був використаний пакет Mathcad 14.0.

Результати розрахунку колірних параметрів наведено в таблиці.

Із даних таблиці випливає, що в процесі сушіння чорної смородини в усіх зразках відбувається зміна кольору, на що вказує відмінність колірних параметрів дослідних зразків від контролю. При цьому, колірний тон та колориметрична чистота кольору контрольного зразка та зразка № 2 найбільш схожі та характеризуються додатковим кольоровим тоном, який належить до голубої області видимого спектру електромагнітного випромінювання. Також слід зазначити, що вагомими змінами колориметричних характеристик, в порівнянні з контролем, відбу-

ваються у зразку № 4, тобто у випадку сушіння фруктово-ягідної сировини при температурі сушильного агента 52⁰ С. У даному випадку зразок № 4 має додатковий кольоровий тон, який належить до інтервалу зеленого кольору оптичного випромінювання.

Таблиця – Кольорові параметри, координати кольору зразків

Зразок, №	Координати кольору			Колірний тон, нм	Чистота кольору
	X	Y	Z		
Контроль	5,791	4,478	4,447	498	0,15
1	5,095	4,069	4,411	502	0,12
2	5,248	4,064	4,358	500	0,14
3	4,855	3,929	4,401	504	0,11
4	4,215	3,565	4,444	537	0,07

При зміні температури сушильного агента у напрямку збільшення до 80⁰ С (зразок № 1) та зменшення до 60⁰ С (зразок № 3) спостерігається тенденція до зменшення величини колориметричної чистоти відносно контрольного зразка. У цьому ж випадку кольоровий тон (λ') дослідних зразків зміщується в зелену область.

Висновки. На підставі результатів колориметричних розрахунків встановлено, що ЗТП-сушіння чорної смородини за температури сушильного агента 70⁰ С є оптимальним режимом для максимального збереження кольору отриманої в процесі переробки сировини.

Внаслідок подовження тривалості процесу сушки та в результаті зниження температури сушильного агента до 52⁰ С зміни кольорових параметрів зразка № 4 відносно контролю ймовірно пов'язані з процесом окислення антоціанів.

Список літератури

1. Кардин, С. Цветовой аспект качества [Текст] / С. Кардин // Продукты и ингредиенты. – 2008. – № 9. – С. 12–13.
2. Цветометрия – новый метод контроля качества пищевой продукции [Текст] / О. В. Байдичева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2008. – № 5. – С. 20–22.
3. Колориметрические цветовые системы и модели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <<http://www.RealColor.ru>>.
4. Ропаль, А. Д. Разноцветная история [Текст] / А. Д. Ропаль // Universities. – 2004. – № 2. – С. 14–23.
5. Пат. 21672 Україна (51) МПК (2006) А23В 7/00. Спосіб обробки фруктово-ягідної сировини [Текст] / Погожих М. І., Пак А. О., Потапов В.О., Цур-

кан М. М.; заявник та патентовласник Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – № u 200611917 ; заявл. 13.11.06; опубл. 15.03.07, Бюл. № 3.

6. Джад, Д. Цвет в науке и технике [Текст] / Д. Джад, Г. Выпещки ; пер. с англ. под ред. Л. Ф. Артюшина. – М. : Мир, 1978. – 592 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.

© Т.В. Міщенко, А.О. Пак, М.І. Погожих, 2009.

УДК 664.834.2

М.І. Погожих, д-р техн. наук, проф.

М.М. Цуркан, канд. техн. наук, доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СИСТЕМИ, ЯКА ЗНЕВОДНЮЄТЬСЯ

Розглянуто питання визначення та зміни множини параметричних залежностей модельної термодинамічної системи як складових її відповідного термодинамічного потенціалу в рамках концептуального представлення процесу як еволюції термодинамічної системи до стану рівноваги.

Рассмотрен вопрос определения и изменения множества параметрических зависимостей модельной термодинамической системы как составляющих ее соответствующего термодинамического потенциала в рамках концептуального представления процесса как эволюции термодинамической системы к состоянию равновесия.

The question of determination and change of multitude of parametric dependences of the model thermodynamics system is considered as constituents of its proper thermodynamics potential within the framework of conceptual presentation of process as evolution of the thermodynamics system to the state of equilibrium.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Як відомо, процеси сушіння різноманітної харчової сировини є досить енергозатратними, тому визначення шляхів підвищення енергоефективності відповідних технологічних процесів у харчовій промисловості є пріоритетною проблемою для галузевої науки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота є продовженням досліджень процесів сушіння харчової сировини у напрямку підвищення їх енергоефективності в рамках наукової концепції відповідно до якої процес сушіння уявляє собою еволюцію визначеної термодинамічної системи з деякого початкового нерівноважного стану до стану рівноваги, що відповідає закінченню процесу. Пошук енергое-