

Акмен Вікторія Олександрівна, канд. техн. наук, доц., факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0937893177; e-mail: 19721980@ukr.net.

Акмен Виктория Александровна, канд. техн. наук, доц., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0937893177; e-mail: 19721980@ukr.net.

Akmen Vyktoya, faculty of merchandizing and trade business, Associate Professor, Kharkiv State University of Feed and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-60, 0937893177; e-mail: 19721980@ukr.net.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108646

УДК 633/635.002.5

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА КОЛІР РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

**А.А. Дубініна, Т.В. Щербакова, Ю.М. Хацкевич,
С.О. Ленерт, А.О. Борисова**

Метою роботи є аналіз літературних даних про вплив різноманітних технологічних чинників на колір рослинної сировини під час її переробки. Подано загальну характеристику природних барвників – хлорофілів, каротиноїдів і речовин фенольної природи. Установлено, що за будовою хлорофіли а і b є похідними піролу. Каротиноїди з хімічної точки зору належать до полієнів із протяжною системою кон'югованих подвійних зв'язків. Усі природні флавоноїди є О-гетероциклічними сполуками, структурну основу яких складає трициклічна молекула флавону або флавану. Наведено огляд літературних даних про вплив на колір рослинної сировини таких технологічних чинників: світла, рН середовища, високої температури, активного кисню повітря, вмісту йонів металів. Проаналізовано зміну забарвлення рослинних пігментів за різних умов. Зроблено висновок про доцільність урахування наведених вище даних під час вибору оптимальних параметрів технологічного процесу переробки рослинної сировини.

***Ключові слова:** природні барвники, хлорофіли, каротиноїди, речовини фенольної природи, хлорофіли а і b, Си-хлорофілін, феофітини а і b, кароти,*

© Дубініна А.А., Щербакова Т.В., Хацкевич Ю.М., Ленерт С.О., Борисова А.О., 2017

эпокси-каротиноиды, α -каротин, ксантофиллы, фенольные сполуки, фенилпропаноиды, флавоноиды, антоцианы.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЦВЕТ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

А.А. Дубинина, Т.В. Щербакова, Ю.М. Хащевич,
С.А. Ленерт, А.А. Борисова

Целью работы является анализ литературных данных о влиянии различных технологических факторов на цвет растительного сырья при переработке. Дана общая характеристика природных красителей – хлорофиллов, каротиноидов и веществ фенольной природы. Установлено, что по строению хлорофиллы а и б являются производными пиррола. Каротиноиды с химической точки зрения относятся к полиенам с продолжительной системой конъюгированных двойных связей. Все природные флавоноиды являются О-гетероциклическими соединениями, структурную основу которых составляет трициклическая молекула флавона или флавана. Приведен обзор литературных данных о влиянии на цвет растительного сырья таких технологических факторов: света, рН среды, высокой температуры, активного кислорода воздуха, содержания ионов металлов. Проанализированы изменения окраски растительных пигментов при различных условиях. Сделан вывод о целесообразности учета приведенных выше данных при выборе оптимальных параметров технологического процесса переработки растительного сырья.

Ключевые слова: природные красители, хлорофиллы, каротиноиды, вещества фенольной природы, хлорофиллы а и б, Си-хлорофиллин, феофитины а и б, каротин, эпокси-каротиноиды, α -каротин, ксантофиллы, фенольные соединения, фенилпропаноиды, флавоноиды, антоцианы.

TECHNOLOGICAL FACTORS IMPACT ON THE COLOR OF PLANT RAW MATERIAL

A. Dubinina, T. Sherbakova, Yu. Khatskevych, S. Lenert, A. Borysova

The aim of the work is to analyze the literature data concerning the influence of various technological factors on the color of plant raw materials during processing. The general characteristic of natural dyes – chlorophylls, carotenoids and substances of phenolic nature is given.

It is established that the structure of chlorophyll a and chlorophyll b are the derivatives of pyrrole. The molecules of chlorophylls have a common structure – hydrophilic porphyrin ring with Mg^{2+} ion in the center, which coordinates with nitrogen atoms, and lipophilic residue of high molecular unsaturated phytol alcohol. Functional analysis revealed the presence of methyl group in chlorophyll a, and aldehyde group – in chlorophyll b.

Carotenoids, from the chemical point of view, are polyenes with a long system of conjugated double bonds. Almost all carotenoids refer to terpenoids – tetrapetines, compounds, the carbon backbone of which consists of eight

C₅-isoprene fragments. The carotenoid complex of each plant species is a mixture of basic carotenoids, including isomers and their derivatives in various ratios.

*All natural flavonoids are O-heterocyclic compounds, the structural basis of which is the tricyclic molecule of flavone or flavanum. The characteristic features of phenolic compounds are light oxidation with the formation of high-reactive intermediate products of *f* semiquinone radicals or ortho-benzoquinone type; the ability to interact with proteins due to the formation of hydrogen bonds, as well as the propensity to complex formation with metal ions. Taking into account the main carbohydrate skeleton, phenolic compounds can be divided into the following groups: the simplest phenolic compounds (compounds of C₆ – series); compounds of C₆-C₁ – series (hydroxybenzoic acids and their derivatives); compounds of C₆-C₃ – series (phenylpropanoids – hydroxy acids and their derivatives, oxycumarines); flavonoids (compounds of C₆-C₃-C₆ – series).*

The review of literature data concerning the influence of such technological factors as light, pH, high temperatures, active oxygen of air, the presence of metal ions on the color of plant raw materials is presented in the article.

As a result, chemical composition of the pigment complex, discoloration, change in the natural color, the appearance of unusual raw material shades irreversibly change. The degree of these changes depends on the composition of the pigment complex, the overall chemical composition of fruits and vegetables, and on technological treatment regimes.

Changes in the color of plant pigments under different conditions are analyzed. The conclusion is made about the expediency of taking into account the above data during the selection of optimal parameters of the technological process of processing plant raw materials.

Keywords: *natural dyes, chlorophylls, carotenoids, phenolic substances, chlorophylls a and b, Cu-chlorophyllin, pheophytins a and b, carotene, epoxy-carotenoids, a-carotene, xanthophylls, phenolic compounds, phenylpropanoids, flavonoids, anthocyanins.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Найбільш істотно на формування споживних властивостей перероблених плодів і овочів впливають зміни якості рослинної сировини, що відбуваються під час її переробки. Важливе значення при цьому має зміна природного кольору сировини. Колір є інформативним параметром якості готового продукту, оскільки пов'язаний з іншими якісними показниками, такими як зовнішній вигляд, смак, запах, наявність очевидних і прихованих дефектів [1–4]. Тому дослідження процесів, що призводять до зміни кольороутворюючих речовин під час технологічної переробки є актуальним питанням. Наведені авторами дані щодо перетворення кольору рослинної сировини під впливом різних факторів допоможуть у підборі оптимальних режимів технологічного процесу, оскільки ці перетворення впливають на формування споживних властивостей продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями багатьох учених встановлено, що до основних процесів, які відбуваються під час переробки рослинної сировини, належать карамелізація цукрів, пов'язана з реакціями дегідратації; реакція меланоїдиноутворення між цукрами з вільними карбонільними групами та білками, амінокислотами, амінами; розклад аскорбінової, яблучної, цитринової, тартратної і деяких інших органічних кислот; окиснення та інші перетворення комплексу поліфенольних сполук; окиснення сполук заліза з утворенням кольорових комплексів, а також ферментативні реакції. Результати теоретичних і практичних досліджень цих процесів викладено в працях зарубіжних учених [2–5].

Але перш за все зміни кольору фруктів та овочів під час переробки пов'язані зі змінами їх пігментного комплексу. До пігментів рослинної сировини відносять хлорофіли, каротиноїди і речовини фенольної природи. Перші два належать до ліпоїдів, оскільки розчинні тільки в жирах і органічних розчинниках. Фенольні речовини є водорозчинними пігментами.

Хлорофіли в рослинах представлені двома сполуками – хлорофілами *a* і *b*. Молекули хлорофілів мають спільну будову – гідрофільне порфіринове кільце з іоном Mg^{2+} у центрі, що координаційно пов'язаний з атомами азоту, і ліпофільний залишок високомолекулярного ненасиченого спирту фітону. У ході функціонального аналізу виявлена наявність у хлорофілі *a* метильної групи, у хлорофілі *b* – альдегідної [6].

До каротиноїдів належать велика група пігментів. Дотепер виділено 70 видів каротиноїдів, визначено близько 500 структур цих сполук, однак описані формули й властивості лише 58 з них. Із хімічної точки зору майже всі каротиноїди належать до терпеноїдів – тетратерпенів, сполук, вуглецевий кістяк яких складається з восьми C_5 – ізопренових фрагментів [16]. Каротиноїдний комплекс кожного виду рослини являє собою суміш основних каротиноїдів, включаючи ізомери та їх похідні в різних співвідношеннях [7].

Фенольні сполуки – це велика група органічних речовин, що відрізняються за хімічною будовою, але мають деякі загальні ознаки. Характерними рисами фенольних сполук є легке окиснення з утворенням високореактивних проміжних продуктів типу семіхінонних радикалів або ортохінонів, здатність до взаємодії з білками внаслідок утворення водневих зв'язків, схильність до комплексоутворення з іонами металів. З урахуванням основного вуглеводного кістяка, фенольні сполуки можна розділити на такі групи: найпростіші фенольні сполуки (сполуки C_6 – ряду); сполуки C_6-C_1 – ряду (оксибензойні кислоти і їхні похідні); сполуки C_6-C_3 – ряду (фенілпропаноїди – оксикоричні кислоти і їхні похідні, оксикумарини); флавоноїди (сполуки $C_6-C_3-C_6$ – ряду) [8].

Таким чином, різмаїття природних барвників у різному співвідношенні формує забарвлення рослинної сировини. Установлено також, що речовини пігментного комплексу є лабільними сполуками і піддаються трансформації під дією внутрішніх і зовнішніх факторів. Саме тому аналіз літературних даних щодо впливу технологічних факторів на колір рослинної сировини під час її переробки є достатньо актуальним.

Метою статті є аналіз літературних даних щодо перетворення природних барвних речовин рослинної сировини під впливом різноманітних технологічних факторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основні перетворення природних барвних речовин подано в таблиці.

Дослідженням властивостей хлорофілів присвячена велика кількість робіт. Хлорофіл підвищує харчову цінність, впливає на такі характеристики, як фізіологічна цінність і лікувально-профілактичні властивості продукту, оскільки має біологічно активну дію. За результатами експериментів деякі автори вказують на можливу участь хлорофілу в утворенні гемоглобіну, еритроцитів і лейкоцитів в організмі людини і тварин [7]. Є дані про регенеративну й антисептичну дію препаратів хлорофілу, особливо в разі лікування опіків 2-го і 3-го ступенів, інфікованих виразок гомілки різного походження – варикозне розширення вен, тромбофлебіт, злоякісні новотвори. Хороші результати отримано в разі використання хлорофілів у лікуванні екзем, світлових дерматозів, контактних і токсичних дерматитів, дерматофітозів, псоріазу [9]. Використання препаратів хлорофілу (наприклад, *Cu*-хлорофіліну) у стоматології припід час лікування стоматитів, піореї, пародонтозу, гінгівіту, кровотечі ясен, а також у виробництві зубних паст пов'язано не тільки з відмінними бактерицидними властивостями, але і з наявністю дезодоруючої дії, заснованої на хімічному зв'язуванні та окисненні речовин [10]. Багато авторів відзначають перспективність використання біологічно активних препаратів хлорофілу для зниження реакції організму в процесах загоєння чужорідних тканин, для лікування шлунково-кишкових захворювань, при невритах і невралгії потрійного нерва та ін. Такі препарати не спричиняють алергічних реакцій, тому можуть бути використані для тривалого лікування [11].

Установлено, що за будовою хлорофіли *a* і *b* є похідними піролу. Кристалічна форма має темний, синьо-чорний колір для хлорофілу *a* і насичений темно-зелений для хлорофілу *b*. Завдяки наявності залишку спирту фітолу в молекулі обох сполук, вони розчиняються в органічних розчинниках з утворенням синьо-зеленого та жовто-зеленого розчинів [12].

Залежно від природи розчинника максимума поглинання розчину хлорофілу *a* у довгохвильовій області спектра перебувають у межах 662–665 нм, хлорофілу *b* 640–644 нм.

Важливим для ідентифікації цих сполук є також максимум поглинання, що характеризується як смуга Core, у короткохвильовій області 430–450 нм для хлорофілів *a* і *b*. Завдяки хімічній будові молекул хлорофіли належать до ненасичених сполук, тому вони легко руйнуються під дією рН середовища, температури, світла. У слабокислому середовищі відбувається відщеплення іона Mg^{2+} від хлорофілів та утворення феофітинів *a* і *b*, тобто відбувається процес феофітинізації. Забарвлення змінюється на сіро-зелене, маслиново-зелене (olives). Підвищення кислотності середовища приводить до відщеплення не тільки іона Mg^{2+} , але і спирту фітолу з утворенням феофорбідів *a* і *b*, при цьому відбувається покоричневіння розчинів. Феофорбіди за відсутності фітолу мають інші властивості – вони добре розчиняються у водяних розчинах. Ці процеси є незворотними [13].

Під впливом слаболужного середовища відщеплюються від молекули хлорофілу спирти метиловий та фітол з утворенням похідних – хлорофілідів *a* і *b*, які дають стійке зелене забарвлення (рис. 1). Концентровані спиртові розчини лугів порушують циклопентанонове кільце з утворенням різних хлоринів, які також мають зелене забарвлення [14]. Перетворення хлорофілів залежно від впливу різних чинників наведено на рис. 1.

У ході досліджень установлено, що комплекси хлорофілів з металами (Zn, Cu, Co) утворюють достатньо стійкі розчини від яскраво-зеленого до жовто-зеленого кольору. Також виявлено, що під дією температури, особливо за наявності кисню повітря, зелене забарвлення хлорофілів поступово змінюється на тьмяне маслинове внаслідок утворення різних похідних хлорофілів. Дія світла призводить до руйнування хлорофілів з утворенням безбарвних дериватів [14].

Дослідження рослинної сировини показали, що під дією високих температур відбувається знебарвлення зелених листових овочів: у соку спаржі за температури 100°C хлорофіл *a* руйнується вдвічі швидше за хлорофіл *b*, при цьому на першому етапі утворюються феофітини, на другому – пірофеофітини [1]. За три хвилини бланшування зеленого горошку утворюються епімери хлорофілів *a* і *b*, що призводить до зміни кольору, також авторами відзначається наявність феофітинів [18]. Високочастотне нагрівання листя батату за 8 хв призвело до втрати загального вмісту хлорофілів від 1241 до 183 мг/кг, тобто більше 85% від вихідного значення. При цьому до обробки листя не містило ізомерних форм хлорофілів, феофітинів і пірофеофітинів. Через 2 хв нагрівання виявлено 17 мг/кг феофітинів *a* і *b*, через 8 хв – 17 мг/кг пірофеофітинів *a* і *b*. Таким чином, під час процесу хлорофіли *a* і *b* утворюють епімери, феофітини, пірофеофітини та ізомеризуються [18–31].

Зміна забарвлення рослинних пігментів за різних умов

Пігмент	Забарвлення						
	У сировині	Вплив кислот	Вплив лугів	Вплив іонів металів	Вплив високих температур	Вплив світла	Вплив кисню повітря
Хлорофіли	Синьо-зелене (хлорофіл <i>a</i>), жовто-зелене (хлорофіл <i>b</i>)	Сіро-зелене, маслиново-зелене (утворення феофітинів чи феофорбідів)	Яскраво-зелене (утворення хлорофілідів – Na-солей)	Zn-, Cu-комплекси: яскраво-зелене	Тьмяне маслинове, незворотнє	Знебарвлення з утворенням безбарвних дериватів	Знебарвлення з утворенням безбарвних дериватів
Каротиноїди	Від жовтого до червоного	Бліде жовто-жовтогогаряче (ізомеризація транс-ізомерів у цис-ізомери)	Майже не змінюється	Майже не змінюється	Із жовтогогарячого на жовте	Знебарвлення з утворенням безбарвних дериватів, світлих цис-ізомерів	Знебарвлення з утворенням безбарвних дериватів, світлих цис-ізомерів
Антоціани	Від світло-рожевого до темно-синього	Червоне (утворення флавіліум-юна)	Фіолетове, можливе утворення безбарвних псевдооснов	Fe-, Al-, Sn-комплекси: зеленувате, блакитне, темно-сіре	Знебарвлення з утворенням безбарвних псевдооснов	Знебарвлення з утворенням безбарвних псевдооснов	Жовто-коричневе, з утворенням складних полімерних сполук
Флаволи, флавоноли	Безбарвне або кремове	Кремове	Жовто-коричневе з утворенням нерозчинних полімерних сполук	Al-, Fe-, Cu-комплекси: жовте, темно-синє, червоно-коричневе	Рожеве (безбарвні лейкоантоціани перетворюються на антоціани)	Жовто-коричневе, з утворенням складних полімерних сполук	Жовто-коричневе, з утворенням складних полімерних сполук

Під час консервування огірків, маслин, зеленої капусти, цибулі встановлено, що кисле середовище негативно впливає на зелений колір сировини; додавання кислот призводить до руйнування хлорофілу з утворенням феофітинів, хлорофілідів та феофорбідів [29].

Таким чином, хлорофіли *a* і *b* є нестійкими сполуками порівняно з їх похідними. Перетворення хлорофілів призводить до зміни природного зеленого кольору на невиразний сіро-зелений з брунатним відтінком.

Каротиноїди знайдено в усіх зелених тканинах рослин. Співвідношення хлорофілів і каротиноїдів у хлоропластах становить у середньому 3:1. Однак під дією різних чинників хлоропласти перетворюються на хромопласти, забарвлення яких змінюється від жовтого до червоного залежно від складу речовин [15].

Каротиноїди з хімічної точки зору належать до полієнів із протяжною системою кон'югованих подвійних зв'язків. Основна структура молекули симетрична й побудована із двох тотожних половин, які складаються із чотирьох ізопренових залишків. Каротиноїди належать до ліпідів, тому розчиняються тільки в органічних розчинниках, навіть ксантофіли з чотирма і більше гідрокси-групами в молекулі майже нерозчинні у воді [16].

Залежно від будови молекули і кількості подвійних зв'язків вони мають забарвлення від світло-жовтого (α -каротин) до насиченого червоного (лютеїн). Максимуми поглинання основних каротиноїдів знаходяться в діапазоні 410–540 нм. У вільному стані (*in vitro*) вони чутливі до дії світла, температури, кислот (рис. 2). Установлено, що під дією кислот відбувається знебарвлення розчинів каротиноїдів унаслідок ізомеризації транс-ізомерів у цис-ізомери та перетворення 5,6-епоксидів у 5,8-фураноїдні оксиди. При цьому відбувається гіпохромний зсув максимумів поглинання [17].

Високі температури також призводять до знебарвлення розчинів, оскільки відбувається руйнування системи подвійних зв'язків унаслідок окисдаційних процесів, які активно перебігають за наявності кисню. Продукти деградації ідентифікують як суміш сполук з епокси-, гідрокси- та карбонільними групами. За температур вище 170°C каротиноїди трансформуються у двополярні вуглеводні з коротким ланцюгом та/або більш довголанцюгові ароматичні вуглеводні.

Дослідження вчених підтвержують, що лугив та іони металів суттєво не впливають на зміну кольору каротиноїдів [30–35].

Таким чином, основний вплив на перетворення каротиноїдів спричиняє дія високих температур, кислот і сильного окиснювача – кисню повітря. Як зазначає Г. Бриттон, усі природні флавоноїди є О-гетероциклічними сполуками, структурну основу яких складає трициклічна молекула флавону або флавану. Розмаїтість природних флавоноїдів досягається за рахунок наявності асиметричних атомів вуглецю в гетероциклі (у катехинів, флаванонів, флаванолів, лейкоантоціанідинів),

унаслідок реакцій гідроксилювання, метилювання, ацилювання ароматичних ядер. Крім розмаїтості агліконів, велика кількість сполук пояснюється значною кількістю цукрових залишків. Так, наприклад, для одного лише пеларгонідину відомо понад 20 різних глікозидних похідних [36–40].

Антоціани, на відміну від хлорофілу, є непластидними пігментами. У клітині вони, вочевидь, існують у вигляді солей з органічними кислотами. Вони добре розчиняються у воді та водно-спиртових розчинах. Загалом вважається, що на відміну від інших рослинних пігментів вони більш стабільні відносно світла, температури і рН середовища. Однак у літературі наведено дані, що катехіни, проантоціанідини, антоціанідини та їх глікозиди швидко руйнуються під дією світла, яке спричиняє утворення безбарвних псевдооснов [41].

Лужне середовище призводить до розриву молекули флавоноїду на два фрагменти і втрачає початкового забарвлення. Водночас флавоноїди активно вступають до окиснювально-відновних реакцій з утворенням реакційно здатних ортохінонів, які у свою чергу в результаті реакцій поліконденсації утворюють темнозабарвлені сполуки [41–44].

Антоціани забарвлюють розчини в колір від світло-рожевого до темно-синього, тому максимуми поглинання знаходяться у видимому діапазоні 420–540 нм. За своїми властивостями ці фенольні сполуки є природними індикаторами рН середовища: під дією кислот розчини мають яскраво-червоне забарвлення завдяки утворенню флавіліум-іона; у лужному середовищі забарвлення розчинів переходить у фіолетовий колір завдяки утворенню хіноїдальної структури молекули. Також у цих умовах можливе утворення безбарвних псевдооснов (рис. 3) [45].

Характерною рисою поліфенольних сполук є схильність до утворення хелатів з іонами металів: Fe-комплекси мають зеленувате забарвлення, Al-комплекси – блакитне, Mg-, Ca-комплекси – синє забарвлення різного ступеня насиченості, K-комплекси – фіолетове з різними відтінками синього та червоного кольору залежно від концентрації іонів металу [44; 45].

На відміну від антоціанів флавоноїди або флаванолі безбарвні чи мають блідо-жовте (кремове) забарвлення. Зміна рН суттєво не впливає на їх колір, високі температури спричиняють появу рожевого забарвлення внаслідок окиснення лейкоантоціанів до відповідних антоціанів. З іонами металів утворюються комплекси різних кольорів, наприклад, з іонами алюмінію утворюються хелати яскраво-жовтого кольору. Катехіни і лейкоантоціани належать до найбільш відновлених сполук, тому вони легко піддаються окисненню під час нагрівання або дії світла. Особливо швидко вони окиснюються в лужному середовищі в аеробних умовах з утворенням темнозабарвлених кінцевих продуктів реакції типу меланінів або гумінових кислот [46–55].

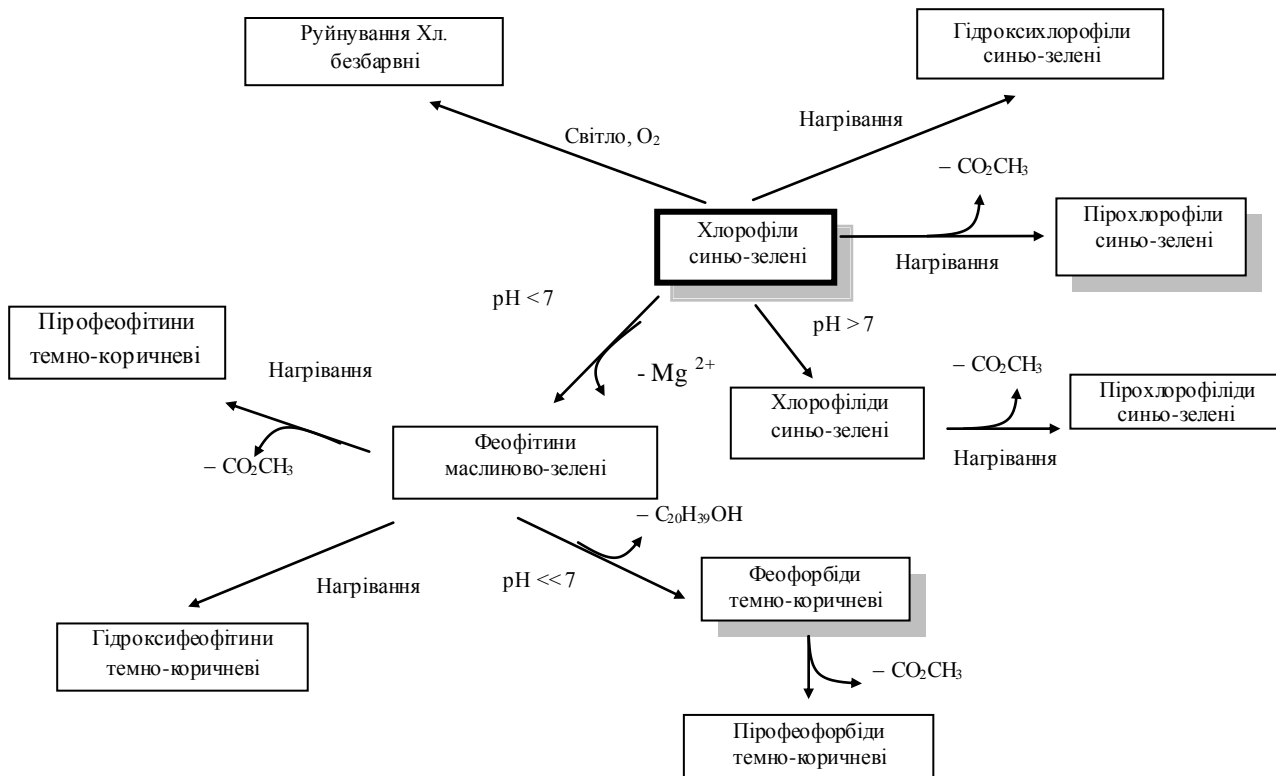


Рис. 1. Перетворення хлорофілів залежно від впливу різних чинників

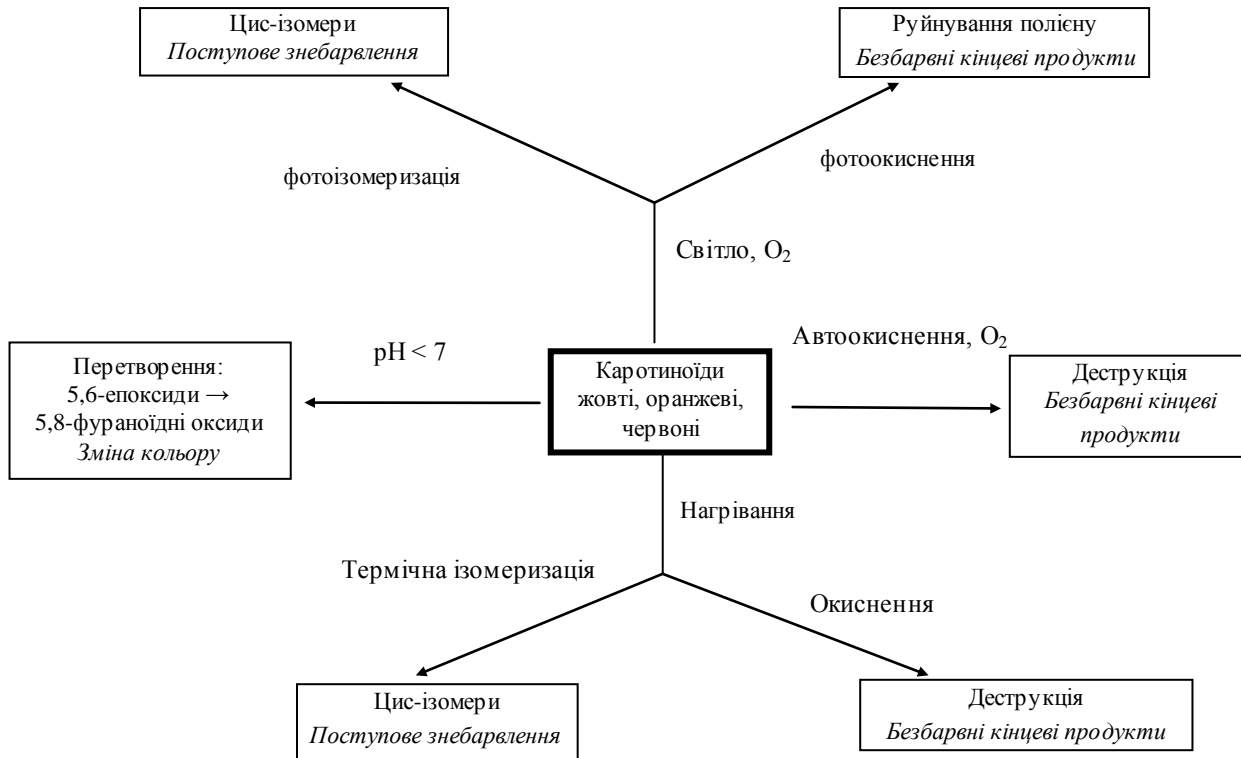


Рис. 2. Перетворення каротиноїдів залежно від впливу різних чинників

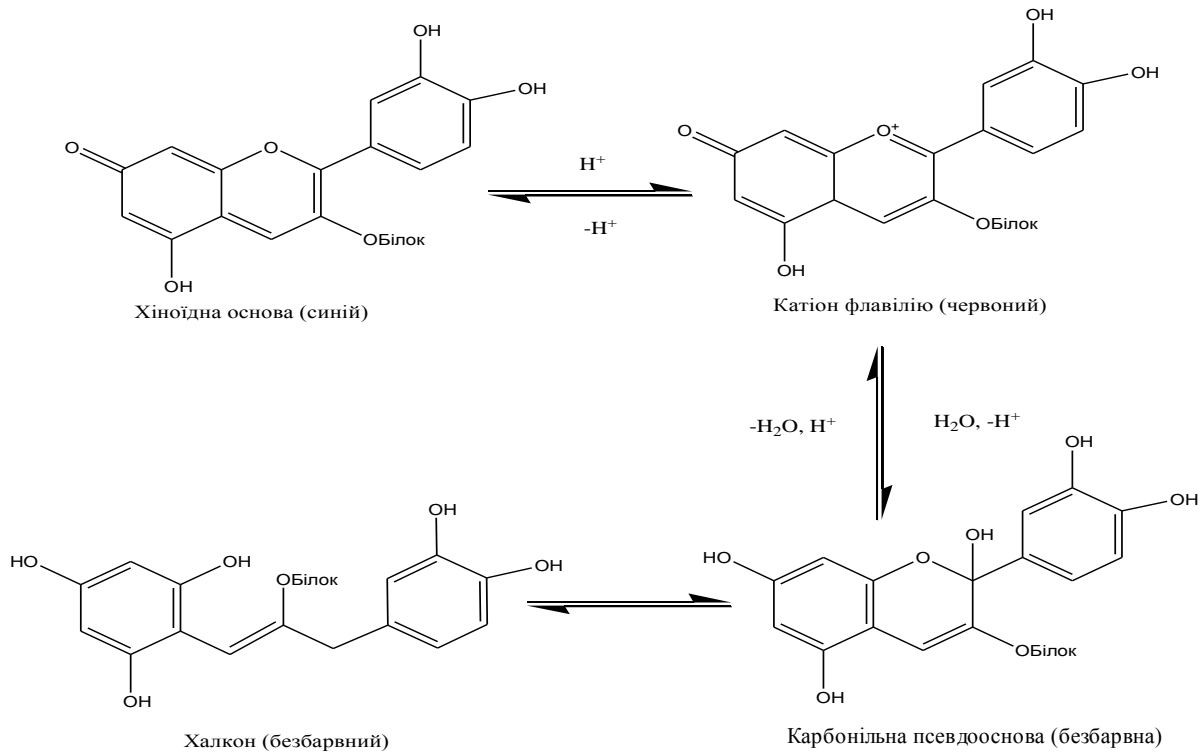


Рис. 3. Перетворення антоціанів залежно від впливу різних чинників

Висновки. Аналітичний огляд літератури дозволив установити, що природні пігменти – ненасичені сполуки з протяжною системою кон'югованих подвійних зв'язків, що піддаються перетворенням під дією світла, рН, високої температури, активного кисню повітря зі зміною структури молекули, у тому числі й ізомеризацією. У результаті відбувається незворотна зміна хімічного складу пігментного комплексу, знебарвлення, зміна природного кольору, поява невластивих вихідній сировині відтінків.

Ступінь цих змін залежить як від складу пігментного комплексу, хімічного складу фруктів та овочів загалом, так і від технологічних режимів обробки. Тому наведені вище дані мають бути враховані під час вибору оптимальних параметрів технологічного процесу переробки рослинної сировини.

Список джерел інформації / References

1. Clydesdale, F.M. (1993), "Color as a factor in food choice", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Vol. 33, pp. 83-110.
2. Otterstatter, G. (2000), *Coloring of Food, Drugs and Cosmetics*, Marcel Dekker, New York and Basel, 385 p.
3. Harborne, J.B. (2000), "Advances in Flavonoid Research since 1992", *Phytochemistry*, Vol. 55, pp. 481-504.
4. Yaylayan, V.A., Kaminsky, E. (1998), "Isolation and structural analysis of Maillard polymers: caramel and melanoidin formation in glycine/glucose model system", *Food Chem*, Vol. 63, pp. 25-31.
5. Monzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D. (2001), "Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods", *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 11, pp. 340-346.
6. Christie, R.M. (2001), *Colour Chemistry*, Cambridge, Royal Society of Chemistry, 720 p.
7. Dewick, P.M. (2002), *Medicinal Natural Products*, John Wiley & Sons, 507 p.
8. DellaPenna, D., Pogson, B.J. (2006), "Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids", *Annu Rev. Plant Biol*, Vol. 57, pp. 711-738.
9. Block, G. (1992), "Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence", *Nutr. Cancer*, Vol. 18, pp. 1-29.
10. Joshipura, K. (2001), "The effect of fruit and vegetable intake on risk of coronary heart disease", *Ann. Intern. Med*, Vol. 134, pp. 1106-1114.
11. Eitenmiller, Ronald R. (2002), *Vitamin analysis for the health and food sciences*. 2nd Edition, CRC Press, 675 p.
12. Ames, B. (1993), "Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol. 90, pp. 7915-7922.
13. Halliwell, B. (1992), "Reactive oxygen species and the central nervous system", *J. Neurochem*, Vol. 59, pp. 1609-1623.
14. Canjura, F.L. (1992), "Separation of chlorophyll compound", *Z. Food Chem*, Vol. 45, pp. 129-134.

15. Delgado-Vargas, F. (2000), "Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins and Betalains – characteristics, biosynthesis, processing and stability", *Critical Rev. in Food Sci. and Nutr.*, Vol. 40, No. 3, pp. 173-289.
16. Schwartz, S.J. (1990), "Chlorophylls in foods", *CRC Food Sci. Nutr.*, Vol. 29, pp. 1-17.
17. Chen, Y.Y. (1992), "Determination of carotenoids and chlorophylls in water convolvulus by liquid chromatography", *Food Chem*, Vol. 45, pp. 129-134.
18. Heaton, J.W. (1996), "Kinetic model for chlorophyll degradation in green tissue", *J. Agr. and Food. Chem.*, Vol. 44, No. 2, pp. 399-402.
19. Timberlake, C.F., Henry, B.S. (1986), "Plant pigments as natural food colours", *Food Chem.*, Vol. 10, pp. 31-36.
20. Ryan-Stoneham, T. (2000), "Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH", *J. Food Sci.*, Vol. 65, pp. 1296-1302.
21. Shin, S., Bhowmik, S. (1995), "Thermal kinetics of color changes in pea puree", *J. Food Eng.*, Vol. 24, pp. 77-86.
22. Marangoni, A.G. (1996), "Kinetic model for chlorophyll degradation in green tissue. 2. Pheophorbide degradation to colorless compounds", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 44, pp. 3735-3740.
23. Schwartz, S., Nunes, R. (1991), "Degradation kinetics of chlorophylls and chlorophyllides", *J. Food Sci.*, Vol. 56, pp. 1639-1643.
24. Gauthier-Jaques, A. (2001), "Improved method to track chlorophyll degradation", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49, pp. 1117-1122.
25. Lau, M.H. (1995), "Kinetics of textural and color changes in green asparagus during thermal treatments", *J. Food Eng.*, Vol. 45, pp. 231-236.
26. Steet, J.A. (1996), "Quatification of color change resulting from pheofitination and nonenzymatic browning reaction in thermally processed green peas", *J. Agr. and Food. Chem.*, Vol. 44, No. 6, pp. 153-164.
27. Weemaes, C.A. (1999), "Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 47, pp. 2404-2409.
28. Ponne, C., Baysal, T. (1994), "Blanching leafy vegetables with electromagnetic energy", *J. Food Sci.*, Vol. 59, pp. 1037-1041.
29. Gunawan, M.I., Barringer, S.A. (2000), "Green color degradation of blanched broccoli (*Brassica oleracea*) due to acid and microbial growth", *J. Food Proces. Preserv.*, Vol. 24, pp. 253-263.
30. Edelenbos, M., Christensen, L. (2001), "HPLC determination of chlorophyll and carotenoid pigments in processed green pea cultivars", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49, pp. 4768-4774.
31. Yamauchi, N., Watada, A. (1991), "Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage", *J. Am. Soc. Hort Sci.*, No. 116, pp. 58-62.
32. Chen, B.H. (1992), "Studies on the stability of carotenoids in garland chrysanthemum as affected by microwave and conventional heating", *J. Food Prot.*, Vol. 55, pp. 296-300.
33. Chen, B.H., Chen, Y.Y. (1993), "Stability of chlorophylls and carotenoids in sweet potato leaves during microwave cooking", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 41, pp. 1315-1320.

34. Tan, C., Nakajima, M. (2005), " β -Carotene nanodispersions: preparation, characterization, and stability evaluation", *Food Chem.*, Vol. 92, pp. 661-667.
35. Lee, M., Chen, B. (2002), "Stability of lycopene during heating and illumination in a model system", *Food Chem.*, Vol. 78, pp. 425-430.
36. O'Neil, C.A., Schwartz, S.J. (1991), "Comparison of liquid chromatographic method for determination of cis-trans isomers β -carotene", *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, Vol. 74, pp. 36-42.
37. O'Neil, C.A., Schwartz, S.J. (1995), "Photoisomerization of β -carotene by Photosensitization with chlorophyll derivatives as sensitizers", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 43, pp. 631-635.
38. Pott, I., Marx, M., Carle, R. (2003), "Quantitative Determination of β -Carotene Stereoisomers in Fresh, Dried, and Solar-Dried Mangoes (*Mangifera indica* L.)", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 51 (16), pp. 4527-4531.
39. Almela, L., Lopez-Roca, M.T., Candela, M.E. (1990), "Separation and determination of individual carotenoids in a Capsicum cultivars by normal-phase high-performance liquid chromatography", *J. Chromatogr.*, Vol. 502, pp. 95-106.
40. Noda, I., Marcott, C. (2002), "Two-Dimensional Raman (2D Raman) Correlation Spectroscopy Study of Non-oxidative Photodegradation of β -Carotene", *J. Phys. Chem. A.*, Vol. 106 (14), pp. 3371-3376.
41. Harborne, J.B., Mabry, T.J., Mabry, H. Eds (1981), *The Flavonoid*, London, 1204 p.
42. Steyn, W.J. (2002), "Anthocyanins in Vegetative Tissues: A Proposed Unified Function in Photoprotection", *New Phytol.*, Vol. 155, pp. 349-361.
43. Lopez-Hernandez, J., Vazquez-Odenz, L. (1993), "HPLC determination of major pigments in the bean *Phaseolus vulgaris*", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 41, pp. 1613-1615.
44. Dyrby, M., Westergaard N. (2001), "Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems", *Food Chemistry*, Vol. 72, pp. 431-437.
45. Bravo, L. (1998), "Poliphenols, chemistry, dietary, sources, metabolism and nutritional significance", *Nutr. Rev.*, Vol. 56, pp. 317-333.
46. Renard, C., Baron, A., Guyot, S., Drilleau, J. (2001), "Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols' quantification and some consequences", *Int. J. Biol. Macromol*, Vol. 29, pp. 115-125.
47. Reena, R., Shetty, K. (2008), "Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedlings", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 9, No. 3, pp. 355-364.
48. Merzlyak, M.N., Melo, T.B. (2008), "Effect of Anthocyanins, Carotenoids and Flavonols on Chlorophyll Fluorescence Excitation Spectra in Apple Fruit: Signature Analysis, Assessment, Modelling and Relevance to Photoprotection", *J. Exp. Bot.*, Vol. 59, pp. 349-359.
49. Escarpa, A. (1998), "High-performance liquid chromatography with diode-array detection for the performance of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties", *J. Chromat. A.*, Vol. 823, pp. 331-337.

50. Burchard, P., Bilger, W., (2000), "Weissenbock G. Contribution of Hydroxycinnamates and Flavonoids to Epidermal Shielding of UV-A and UV-B Radiation in Developing Rye Primary Leaves as Assessed by Ultraviolet-Induced Chlorophyll Fluorescence Measurements", *Plant Cell Environ.*, Vol. 23, pp. 1373-1380.

51. Morel, I. (1997), *Flavonoid – metal interaction in biological systems*, Marcel Dekker, New York, pp. 67-90.

52. Havaux, M., Kloppstech, K. (2001), "The Protective Functions of Carotenoids and Flavonoid Pigments against Excess Visible Radiation at Chilling Temperature Investigated in Arabidopsis npq and tt Mutants", *Planta*, Vol. 213, pp. 953-966.

53. Yanagihara, K. (1993), "Antiproliferative effects of isoflavones on human cancer cell lines established from the gastrointestinal tract", *Cancer Res.*, Vol. 53, pp. 5815-5821.

54. Vuotto, M.L., Basile, A., Moscatiello V.(2000), "Antimicrobial and antioxidant activities of Feijoa sellowiana fruit Int.", *J. Antimicrob. Agents*, No. 13 (3), pp. 197-201.

55. Vinson, J. (1998), "Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 46, pp. 3630-3634.

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: Klochkivs'ka 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: Klochkivs'ka 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. Адреса: 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: Klochkivs'ka str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Ленерг Світлана Олександрівна, канд. техн. наук, докторант, кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

Ленерг Светлана Александровна, канд. техн. наук, докторант, кафедра товароведения и экспертизы товаров, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: tovaroved206@ukr.net.

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

Борисова Аліна Олексіївна, канд. техн. наук, доц., кафедра іноземних мов, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. О. Яроша, 43, кв. 62, м. Харків, Україна. Тел.: (057)349-45-04; e-mail: alinaborysova@ukr.net.

Борисова Алина Алексеевна, канд. техн. наук, доц., кафедра иностранных языков, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. О. Яроша, 43, кв. 62, г. Харьков, Украина. Тел.: (057)349-45-04; e-mail: alinaborysova@ukr.net.

Borysova Alina, Ass. Prof., Head of the Department of Foreign Languages, Kharkiv State University of Food and Trade. Address: O. Yarosha str., 43, apt. 62, Kharkiv, Ukraine. Tel.: (057)349-45-04; e-mail: alinaborysova@ukr.net.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108648