

Самойленко С.І., к.техн.н., доцент; Белінська А.П., к.техн.н., доцент;  
Белих І.А., к.біол.н., доцент; Близнюк О.М., д.техн.н., професор,  
Масалітіна Н.Ю., к.техн.н., доцент, Мироненко Л.С., к.техн.н., асистент,  
Варанкіна О.О., к.техн.н., доцент

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ ТА КОНТРОЛЮ У ДОСЛІДЖЕННІ ОКИСНИХ ПРОЦЕСІВ В ХІМІЧНИХ, ХАРЧОВИХ, БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків*

**Ключові слова:** аналітична хімія, окисні процеси, гідропероксиди, титрування методом замісника, контроль технологічних процесів, вуглеводні, тригліцериди,  $\beta$ -каротин.

### Вступ

Без надійної системи проведення хімічних аналізів та контролю хімічного складу сировини, напівпродуктів та готової продукції розвиток науки та виробництва є неможливим. Це, звісно, стосується й хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії. Проте загальне розуміння необхідності аналітичної хімії в лабораторній практиці означених виробництв не завжди є повним та адекватним. Поширеною є думка, що за умови придбання сучасного обладнання вирішуються всі проблеми аналітичного контролю та аналізу виробництв [1]. Але, крім подібного оснащення, актуальним у лабораторній практиці є використання аналітичних методів, зокрема титриметричних, через їх відповідність положенням загальнозживаної нормативної документації, універсальність та більш низьку вартість у порівнянні з інструментальними методами аналізу. Тому завданнями інженера-хіміка та хіміка-дослідника є теоретичне обґрунтування, створення та удосконалення аналітичних методів аналізу для контролю якості сировини, напівпродуктів та готової продукції.

Методи візуальної та інструментальної титриметрії залишаються популярними методами контролю та діагностики різних матеріалів. За образним висловом Ешворта [2], у контролі хімічних, харчових, фармацевтичних виробництв титриметричний аналіз не менш потрібен, ніж колесо в машинобудуванні. У світі створено безліч оригінальних методів та методик інструментального титрування на основі методів потенціометрії, кондуктометрії, амперометрії, фотометрії тощо. Багато з них представлені у різних модифікаціях. Одним з методів титрування є метод титрування замісника з метою визначення вмісту пероксидів і гідропероксидів під час контролю якості сировини, напівпродуктів та готової продукції в хімічних, харчових, фармацевтичних технологіях та біоінженерії. Вказаний спосіб базується на тому, що, сильні окисники (пероксиди та гідропероксиди вуглеводнів/ліпідів) виділяють вільний йод з калій йодиду, який потім титрують стандартним розчином натрій тіосульфату [3, 4].

### Дослідження існуючих рішень проблеми

Ліпідна сировина, зокрема рослинні олії, тваринні жири, ліпідорозчинні біологічно активні речовини є не тільки важливими продуктами харчування і сировиною для харчової промисловості, а ще й сировинною базою для хімічної, косметичної, біотехнологічної та фармацевтичної галузей промисловості [5–8]. Наприклад, рослинні олії

привертають все більшу увагу як відновлювана сировина у таких основних напрямках використання, як паливо, мастило, а також як вихідний матеріал для синтезу в хімічній промисловості.

В свою чергу, оцінка ступеню окиснення жирів та олій за допомогою доступних хімічних методів зберігає своє актуальне значення. При цьому питання способу визначення пероксидного числа (показника, який відображає накопичення первинних продуктів окиснення – пероксидів та гідропероксидів, що перетікає на всіх стадіях технологічного циклу продукції) залишається широко обговорюваним, оскільки різні методи, які є навіть стандартизованими, дають непорівнянні через відхилення у відтворюваності результати як між собою, так і в різних лабораторіях [9, 10]. Проведений аналіз джерел інформації, що описують існуючі методики визначення пероксидного числа (як стандартизовані, так і ті, що носять експериментальний характер) показав різноманітність методів, що застосовуються [5, 10–12].

Значна частина проаналізованих методик з титриметричного аналізу вмісту пероксидів та гідропероксидів, що поширюються на різноманітні матриці [13], включаючи різні вуглеводні, а також олії та тваринні жири харчового та медичного призначення [3, 5], передбачає варіації, що відрізняються одним або декількома елементами, зокрема способом пробопідготовки; наважкою субстанції, що досліджується, використанням екстракту ліпідної фракції, виділеної з продукції; об'ємом та/або співвідношенням частин бінарного розчинника – хлороформу та крижаної оцтової кислоти; концентрацією та об'ємом розчину калій йодиду; застосуванням та тривалістю витримання реакційної суміші у темному місці; об'ємом дистильованої води, що додається; об'ємом та/або концентрацією та способом приготування розчину крохмалю, що застосовують як індикатор; концентрацією титранту – розчину натрій тіосульфату.

Таким чином, результати аналізу існуючих наукових розробок свідчать про актуальність застосування методу титрування замісника з метою визначення вмісту пероксидів і гідропероксидів під час контролю їх вмісту в широкому діапазоні виробництва. Особливості технічного рішення для кожного окремого об'єкта дослідження можуть базуватися на результатах, які отримані в модельних системах під час досліджень.

### **Мета та основні задачі дослідження**

Метою роботи є дослідження окисних процесів, які мають місце у продукті хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії – ліпідному розчині β-каротину з біомаси гетероталічного гриба *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами за допомогою титрування методом замісника для контролювання технологічних властивостей сировини та готової продукції. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– дослідити вміст первинних продуктів окиснення (пероксидів, гідропероксидів) в сировині для продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії: ліпідного розчину β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, рослинних олій різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів;

– визначити динаміку окиснення продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії – ліпідного розчину β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами.

### **Матеріали та методи досліджень**

В експериментах використано зразки ліпідного екстракту β-каротину з біомаси гетероталічного гриба *Blakeslea trispora* IMBF-100019 (вміст β-каротину  $0,19 \pm 0,01$  %), що депонований в музеї промислових культур Інституту мікробіології і вірусології

НАН України. Крім того, досліджено зразки кунжутної (згідно з ГОСТ 8990-59 «Олія кунжутна (сезамова). Технічні умови»), соєвої (ДСТУ 4534 «Олія соєва. Технічні умови»), соняшникової олії (згідно з ДСТУ 4492 «Олія соняшникова. Технічні умови»).

Дослідження окиснювальної стабільності олій та ліпідних розчинів  $\beta$ -каротину проведено прискореним методом «активного кисню» за [5]. Метод засновано на продуванні повітря з постійною швидкістю через шар олії за постійної температури 85 °С та визначенні через певні проміжки часу показника «пероксидне число». Вимірюючи час у хвиликах і вміст пероксидів і гідропероксидів (яке відповідає аналітичному числу «пероксидне число») в ммоль  $\frac{1}{2}$  O /кг, будують залежність зміни пероксидного числа ліпідної складової від часу експозиції, за якою графічно визначають період індукції ( $\tau$ , хв.). Окиснення олій припиняють, коли пероксидне число досягало значення більше 10 ммоль  $\frac{1}{2}$  O /кг. Для встановлення стабільності до окиснення ліпідних продуктів розраховано період індукції окиснення зразків – час, після якого відбувається значне підвищення концентрації продуктів окиснення.

Визначення вмісту пероксидів і гідропероксидів, тобто показника «пероксидне число» в ліпідних екстрактах  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, рослинних оліях, розробленому продукті проведено згідно з ДСТУ ISO 3960 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення пероксидного числа». Метод заснований на реакції взаємодії продуктів окиснення ліпідів (пероксидів і гідропероксидів) з калій йодидом в розчині оцтової кислоти і хлороформу і подальшому кількісному визначенні йоду, що виділився, розчином натрій тіосульфату титриметричним методом.

Експерименти по окисненню зразків ліпідної сировини, продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії, а також контрольного зразку порівняння проведено у трьох паралелях. Перед розрахунком похибки досліду  $S_0^2$  розраховано построчні дисперсії  $s_u^2$  та перевірено їх однорідність.

### Результати дослідження

Досліджено вихідний вміст первинних продуктів окиснення (пероксидів, гідропероксидів) в сировині для продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії, дані наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Величина пероксидного числа ліпідної складової сировини для продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії

№ з/п	Найменування ліпідної сировини	Пероксидне число, ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг
1	Ліпідний розчин $\beta$ -каротину з біомаси <i>Blakeslea trispora</i>	1,6 $\pm$ 0,08
2	Олія соєва рафінована	0,45 $\pm$ 0,02
3	Олія кунжутна рафінована	0,80 $\pm$ 0,05
4	Олія соняшникова рафінована	0,65 $\pm$ 0,05

Як видно з результатів дослідження (табл. 1), одержані дані пероксидних чисел сировини задовольняють вимогам відповідної нормативної документації.

Склад ліпідного розчину  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами, який виготовлено з використанням сировини, вказаної в табл. 1, наведено в табл. 2.

Розроблений продукт хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії є вітамінізованим  $\beta$ -каротином, збалансованим за складом поліненасичених

жирних кислот  $\omega$ -3 та  $\omega$ -6 груп, а також стабілізований від окиснення антиокислювачами кунжутної олії – сезамолом і сезамінолом. Продукт доцільно вживати як харчовий (салатна олія), як біологічно активну добавку, а також використовувати як основу для олійно-жирових продуктів підвищеної біологічної цінності. Вміст ненасичених жирних кислот в купажованій олії наступний: ліноленова кислота –  $4,6 \pm 0,5$  %; олеїнова кислота –  $12,5 \pm 0,5$  %; ліолева кислота –  $51,2 \pm 1,0$  %, відповідно сумарний вміст ненасичених жирних кислот –  $64,3 \pm 1,0$  %, з них поліненасичених –  $54,8 \pm 1,0$  % при співвідношенні  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3 = 10 : 1.

Таблиця 2 – Склад ліпідного розчину  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*

№ з/п	Найменування ліпідної сировини	Вміст, %
1	Олія соєва рафінована	$70 \pm 3,5$
2	Олія кунжутна рафінована	$20 \pm 0,8$
3	Олія соняшникова рафінована	$10 \pm 0,6$
4	ліпідний розчин $\beta$ -каротину з біомаси <i>Blakeslea trispora</i>	$0,01 \pm 5 \cdot 10^{-4}$

Визначено динаміку накопичення первинних продуктів окиснення (пероксидів, гідропероксидів) в ліпідному розчині  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* розробленого складу і контрольного зразку порівняння, що представляє собою ліпідний розчин  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* (0,01 %), збагачений поліненасиченими жирними кислотами (ліпідна основа: рафіновані соєва ( $70 \pm 3,5$  %) та соняшникова ( $30 \pm 1,5$  %) олії) (рис. 1).

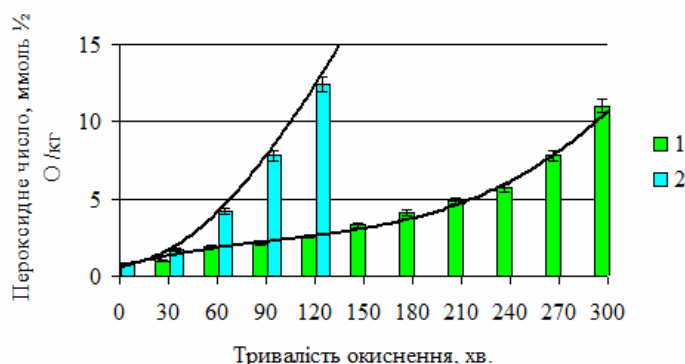


Рисунок 1 – Динаміка накопичення гідропероксидів прискореним методом: 1 – ліпідний розчин  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* (0,01 %), збагачений поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами; 2 – контрольний зразок – ліпідний розчин  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* (0,01 %), збагачений поліненасиченими жирними кислотами

У той час, як величина пероксидного числа контрольного зразку порівняння досягла 10 ммоль  $\frac{1}{2}$  O /кг вже на  $107 \pm 4$  хвилині прискореного окиснення, пероксидне число розробленого продукту досягло 10 ммоль  $\frac{1}{2}$  O /кг на  $300 \pm 12$  хвилині. Причому в перші  $100 \pm 4$  хвилин прискореного окиснення підвищення пероксидного числа розробленого продукту майже не спостерігається. Періоди індукції окиснення за  $85 \pm 1^\circ\text{C}$  зразків розробленого продукту та контрольного зразку наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Параметри окиснення при  $85 \pm 1$  °C досліджуваних зразків продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії та контрольного зразку

Олія	Період індукції окиснення, хв.	Термін, за який пероксидне число досягає $10 \text{ ммоль}^{1/2}\text{O}/\text{кг}$ , хв.
Ліпідний розчин $\beta$ -каротину з біомаси <i>Blakeslea trispora</i> (0,01 %), збагачений поліненасиченими жирними кислотами і рослинними антиокиснювачами	$230 \pm 10$	$300 \pm 12$
Контрольний зразок – ліпідний розчин $\beta$ -каротину з біомаси <i>Blakeslea trispora</i> (0,01 %), збагачений поліненасиченими жирними кислотами	$75 \pm 3$	$107 \pm 4$

Результати експериментальних даних, одержаних за допомогою титрування методом замісника, які наведені на рис. 1 і табл. 3, свідчать, що період індукції виробленого продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії за  $85 \pm 1$  °C складає  $230 \pm 10$  хвилин, це у 3,1 рази вище, ніж період індукції зразку порівняння, який складає  $75 \pm 3$  хвилини. Вищезазначене свідчить про доцільність використання запропонованої сировинної бази для означеного продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії порівняно з контрольним зразком, а також про адекватність обраного методу аналітичної хімії для контролювання технологічних властивостей сировини та готової продукції.

### Висновки

За результатами аналітичного огляду наукової літератури та проведених досліджень зроблено висновки щодо актуальності застосування методів аналітичної хімії та контролю, зокрема титрування методом замісника у дослідженні окисних процесів хімічних, харчових та фармацевтичних технологій та біоінженерії:

– досліджено вміст первинних продуктів окиснення (пероксидів, гідропероксидів) в сировині для продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії: ліпідного розчину  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*; рослинних олій різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів. Одержані дані пероксидних чисел сировини задовольняють вимогам відповідної нормативної документації;

– базуючись на проведених дослідженнях, визначено динаміку окиснення продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії – ліпідного розчину  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами. Доведено, що період індукції виробленого продукту хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії за  $85 \pm 1$  °C у 3,1 рази вище за період індукції контрольного зразку. Проведені дослідження свідчать про доцільність використання титрування методом замісника для контролю технологічних властивостей сировини та готової продукції в хімічних, харчових, біотехнологічних та фармацевтичних технологіях.

### Література

1. Debusa, B., Parastarb, H., Harringtonc, P., Kirsanov D. Deep learning in analytical chemistry // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2021. Vol. 145. P. 116459.

2. Эшворт, М. Р. Ф. Титриметрические методы анализа органических соединений / Пер. с англ. под. ред. А. П. Крешкова. Химия. 1968. 553 с.
3. Gharby, S., Hajib, A., Ibourki, M., Sakar, El. H., Nounah, Is., Elibrahimi, M., Harhar H. Induced changes in olive oil subjected to various chemical refining steps: A comparative study of quality indices, fatty acids, bioactive minor components, and oxidation stability kinetic parameters // *Chemical Data Collections*. 2021. Vol. 33. P. 100702.
4. Белінська, А. П. Технологія купажованої олії підвищеної біологічної цінності: Дис... канд. техн. наук, Харків, 2011, 230 с.
5. Белінська, А. П., Кричковська, Л. В., Зекунова, Т. І. Розробка технологічних режимів рафінації олійних розчинів  $\beta$ -каротину // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2010. Вип. 38 (2). С. 157–160.
6. Barroso, L., Viegas, C., Vieira, J., Ferreira-Pêgo, C., Costa, J., Fonte, P. Lipid-based carriers for food ingredients delivery // *Journal of Food Engineering*. 2021. Vol. 295, P. 110451.
7. Fagionato Masiero, J., Barbosa, E. J., Oliveira Macedo, L., Souza, A., Nishitani Yukuyama, M., Arantes, G. J., Bou-Chacra, N. A. Vegetable oils in pharmaceutical and cosmetic lipid-based nanocarriers preparations // *Industrial Crops and Products*. 2021. Vol. 170, P. 113838.
8. Vivek, N., Sindhu, R., Madhavan, A., Anju, A. J., Castro, E., Faraco, V., Pandey, A., Binod P. Recent advances in the production of value added chemicals and lipids utilizing biodiesel industry generated crude glycerol as a substrate – Metabolic aspects, challenges and possibilities: An overview // *Bioresource Technology*. 2017. Vol. 239, P. 507–517.
9. Zhang, N., Li, Y., Wen, Sh., Sun, Yi., Chen, J., Gao, Yu., Sagymbek, A., Yu, X. Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 358. P. 129834.
10. Choudhari, Sh., Singhal, R. Media optimization for the production of  $\beta$ -carotene by *Blakeslea trispora*: A statistical approach // *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99, Is. 4, P. 722–730.
11. Santas, J., Guzmán, Ye. J., Guardiola, F., Rafecas, M., Bou, R. High-throughput analysis of lipid hydroperoxides in edible oils and fats using the fluorescent reagent diphenyl-1-pyrenylphosphine // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 162, P. 235–241.
12. Farhoosh, R. New insights into the kinetic and thermodynamic evaluations of lipid peroxidation // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 375, P. 131659.
13. Chen, J., Zhang, L., Li, Yo., Zhang, N., Gao, Yu., Yu, X. The formation, determination and health implications of polar compounds in edible oils: Current status, challenges and perspectives // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 364. P. 130451.

Bibliography (transliterated)

1. Debusa, B., Parastarb, H., Harringtonc, P., Kirsanov, D. Deep learning in analytical chemistry // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2021. Vol. 145. P. 116459.
2. Эшворт, М. Р. Ф. Тытрыметрыческые методы анализа орhаныческых соедыненыи / Пер. с англ. под. ред. А. П. Крешкова. Химия. 1968. 553 с.
3. Gharby, S., Hajib, A., Ibourki, M., Sakar, El. H., Nounah, Is., Elibrahimi, M., Harhar H. Induced changes in olive oil subjected to various chemical refining steps: A comparative study of quality indices, fatty acids, bioactive minor components, and oxidation stability kinetic parameters // *Chemical Data Collections*. 2021. Vol. 33. P. 100702.

4. Bielinska, A. P. Tekhnolohiia kupazhovanoi olii pidvyshchenoi biolohichnoi tsinnosti: Dys... kand. tekhn. nauk, Kharkiv, 2011, 230 p.

5. Bielinska, A. P., Krychkovska, L. V., Zekunova, T. I. Rozrobka tekhnolohichnykh re-zhymiv rafinatsii oliinykh rozchyniv  $\beta$ -karotynu // Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii. 2010. Vyp. 38 (2). P. 157–160.

6. Barroso, L., Viegas, C., Vieira, J., Ferreira-Pêgo, C., Costa, J., Fonte P. Lipid-based carriers for food ingredients delivery // Journal of Food Engineering. 2021. Vol. 295, P. 110451.

7. Fagionato Masiero, J., Barbosa, E. J., Oliveira Macedo, L., Souza, A., Nishitani Yukuyama, M., Arantes, G. J., Bou-Chacra, N. A. Vegetable oils in pharmaceutical and cosmetic lipid-based nanocarriers preparations // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 170, P. 113838.

8. Vivek, N., Sindhu, R., Madhavan, A., Anju, A. J., Castro, E., Faraco, V., Pandey, A., Binod, P. Recent advances in the production of value added chemicals and lipids utilizing biodiesel industry generated crude glycerol as a substrate – Metabolic aspects, challenges and possibilities: An overview // Bioresource Technology. 2017. Vol. 239, P. 507–517.

9. Zhang, N., Li, Y., Wen, Sh., Sun, Yi., Chen, J., Gao, Yu., Sagymbek, A., Yu, X. Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review // Food Chemistry. 2021. Vol. 358. P. 129834.

10. Choudhari, Sh., Singhal, R. Media optimization for the production of  $\beta$ -carotene by *Blakeslea trispora*: A statistical approach // Bioresource Technology. 2008. Vol. 99, Is. 4, P. 722–730.

11. Santas, J., Guzmán, Ye. J., Guardiola, F., Rafecas, M., Bou, R. High-throughput analysis of lipid hydroperoxides in edible oils and fats using the fluorescent reagent diphenyl-1-pyrenylphosphine // Food Chemistry. 2014. Vol. 162, P. 235–241.

12. Farhoosh, R. New insights into the kinetic and thermodynamic evaluations of lipid peroxidation // Food Chemistry. 2022. Vol. 375, P. 131659.

13. Chen, J., Zhang, L., Li, Yo., Zhang, N., Gao, Yu., Yu, X. The formation, determination and health implications of polar compounds in edible oils: Current status, challenges and perspectives // Food Chemistry. 2021. Vol. 364. P. 130451.

УДК 543.061; 665.3

Самойленко С.І., к.техн.н., доцент, Белінська А.П., к.техн.н., доцент;  
Белих І.А., к.біол.н., доцент; Близнюк О.М., д.техн.н, професор,  
Масалітіна Н.Ю., к.техн.н, доцент, Мироненко Л.С., к.техн.н., асистент,  
Варанкіна О.О., к.техн.н., доцент

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ ТА КОНТРОЛЮ У ДОСЛІДЖЕННІ ОКИСНИХ ПРОЦЕСІВ В ХІМІЧНИХ, ХАРЧОВИХ, БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

Досліджено окисні процеси, які мають місце у продукті хімічних, харчових, фармацевтичних технологій та біоінженерії – ліпідному розчині  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і рослинними антиоксидантами за допомогою титрування методом замісника для контролювання технологічних властивостей сировини та готової продукції. Аналітичний метод визначення вмісту пероксидів і гідрпероксидів в сировинних компонентах і в розробленому

продукті заснований на реакції взаємодії продуктів окиснення ліпідних компонентів (пероксидів і гідропероксидів) з калій йодидом в розчині оцтової кислоти і хлороформу і подальшому кількісному визначенні йоду, що виділився, розчином натрій тиосульфату титриметричним методом.

Досліджено вміст первинних продуктів окиснення (пероксидів, гідропероксидів) в сировині для розробленого продукту: ліпідного розчину  $\beta$ -каротину з біомаси гетероталічного гриба *Blakeslea trispora*; рослинних олій різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів. Одержані дані пероксидних чисел сировини задовольняють вимогам відповідної нормативної документації. Виготовлено ліпідний розчин  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами, наступного складу: олія соєва рафінована ( $70 \pm 3,5$  %); олія кунжутна рафінована ( $20 \pm 0,8$  %); олія соняшникова рафінована ( $10 \pm 0,6$  %); ліпідний розчин  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* ( $0,01 \pm 5 \cdot 10^{-4}$  %).

Базуючись на проведених дослідженнях, визначено динаміку окиснення розробленого продукту – ліпідного розчину  $\beta$ -каротину з біомаси *Blakeslea trispora*, збагаченого поліненасиченими жирними кислотами і природними антиоксидантами. Доведено, що період індукції окиснення виробленого продукту за  $85 \pm 1$  °C у 3,1 рази вище за період індукції контрольного зразку. Проведені дослідження свідчать про доцільність використання титрування методом замісника для контролю технологічних властивостей сировини та готової продукції в означених вище галузях промисловості.

**Ключові слова:** аналітична хімія, окисні процеси, титрування методом замісника, контроль технологічних процесів, вуглеводні, тригліцериди,  $\beta$ -каротин.

Самойленко С.И., к.техн.н., доцент; Белинская А.П., к.техн.н., доцент; доцент;  
Белых И.А., к.биол.н., доцент; Близнюк О.Н., д.техн.н., профессор,  
Масалитина Н.Ю., к.техн.н., доцент, Мироненко Л.С., к.техн.н., асистент,  
Варанкина О.А., к.техн.н., доцент

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ И КОНТРОЛЯ В ИССЛЕДОВАНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ХИМИЧЕСКИХ, ПИЩЕВЫХ, БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Исследованы окислительные процессы, которые протекают в продукте химических, пищевых, фармацевтических технологий и биоинженерии – липидном растворе  $\beta$ -каротина из биомассы *Blakeslea trispora*, обогащенного полиненасыщенными жирными кислотами и растительными антиоксидантами с помощью титрования методом заместителя для контроля технологических свойств сырья и готового продукта. Аналитический метод определения содержания пероксидов и гидропероксидов в сырьевых компонентах и в разработанном продукте основан на реакции взаимодействия продуктов окисления липидных компонентов (пероксидов и гидропероксидов) с калием йодистым в растворе уксусной кислоты и хлороформа и последующем количественном определении йода, который выделился, раствором натрия тиосульфата титриметрическим способом.

Исследовано содержание первичных продуктов окисления (пероксидов, гидропероксидов) в сырье для разработанного продукта: липидного раствора  $\beta$ -каротина из биомассы гетероталлического гриба *Blakeslea trispora*; растительных масел различного жирнокислотного состава и с различным содержанием природных антиоксидантов. Полученные данные пероксидных чисел сырья удовлетворяют требованиям соответствующей нормативной документации. Изготовлен липидный раствор  $\beta$ -каротина из биомас-



сы *Blakeslea trispora*, обогатенный полиненасыщенными жирными кислотами и растительными антиоксидантами, следующего состава: соевое масло рафинированное ( $70 \pm 3,5$  %); масло кунжутное рафинированное ( $20 \pm 0,8$  %); масло подсолнечное рафинированное ( $10 \pm 0,6$  %); липидный раствор  $\beta$ -каротина из биомассы *Blakeslea trispora* ( $0,01 \pm 5 \cdot 10^{-4}$  %).

Основываясь на проведенных исследованиях, определена динамика окисления продукта химических, пищевых, фармацевтических технологий и биоинженерии – липидного раствора  $\beta$ -каротина из биомассы *Blakeslea trispora*, обогатенного полиненасыщенными жирными кислотами и растительными антиоксидантами. Доказано, что период индукции окисления разработанного биофармацевтического продукта при  $85 \pm 1$  °C в 3,1 раза превышает период индукции контрольного образца. Проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности использования титрования методом заместителя для контроля технологических свойств сырья и готовой продукции в указанных выше отраслях промышленности.

**Ключевые слова:** аналитическая химия, окислительные процессы, гидропероксиды, титрование методом заместителя, контроль технологических процессов, углеводы, триглицериды,  $\beta$ -каротин.

Samoylenko S.I., Belinska A.P., Belykh I.A., Blyzniuk O.M., Masalitina N.Yu.,  
Myronenko L.S., Varankina O.O.

#### APPLICATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY AND CONTROL METHODS IN OXIDATION PROCESSES STUDIES OF CHEMICAL, FOOD BIOTECHNOLOGICAL AND PHARMACEUTICAL TECHNOLOGIES

Technological parameters, namely temperature and duration of  $\beta$ -carotene extraction process from filamentous fungus *Blakeslea trispora* biomass via vegetable oils with various fatty acid compositions and various contents of natural antioxidants (refined deodorized sunflower, high-oleic sunflower, corn and sesame) have been investigated. Statistical models of  $\beta$ -carotene dependences, as well as analytical numbers, characterizing content of free fatty acids (acid number) and primary products of lipid oxidation (peroxide number) content, in oil extracts of the specified refined deodorized oils, from temperature and extraction duration have been built.

Rational parameters of  $\beta$ -carotene extraction from *Blakeslea trispora* biomass with selected extractants (refined deodorized sunflower, high-oleic sunflower, corn and sesame oils) have been determined to control extract's technological properties. It has been proven that usage of these refined deodorized oils as extractants practically does not affect on the target product content in oil extracts of biomass, but it does affect on analytical numbers of extracts, characterizing content of free fatty acids, peroxides and hydroperoxides. The highest content of free fatty acids in  $\beta$ -carotene, containing biomass extraction with sunflower oil, has been observed. The minimum content of free fatty acids in extracts with corn and sesame oils has been achieved. The highest content of primary products of  $\beta$ -carotene lipid oxidation (peroxides and hydroperoxides), containing biomass extraction by sunflower oil, has been observed. The minimum content of free fatty acids in extracts with usage of sesame oil has been achieved.

It is possible to predict  $\beta$ -carotene content, as well as acid and peroxide numbers of oil extracts from biomass in specified refined deodorized oils, depending on temperature and extraction process duration, using obtained approximation dependences.

**Keywords:** analytical chemistry, oxidation processes, hydroperoxides, substituent titration, in-process inspection, carbohydrates, triglycerides,  $\beta$ -carotene.