



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print

<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

doi: 10.32718/nvlvet-f9103

UDC 635.24:[54.021:577.152.1]

Features of the enzyme composition of Jerusalem artichoke tubers

I. Bilenka, N. Lazarenko, O. Zolovska, Ya. Golinskaya

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Article info

Received 10.01.2019

Received in revised form
11.02.2019

Accepted 12.02.2019

Odessa National Academy of Food
Technologies, Kanatna Str., 112,
Odessa, 65039, Ukraine.
Tel. +38-096-816-88-11
E-mail: lazarenko.onap@gmail.com

Bilenka, I., Lazarenko, N., Zolovska, O., & Golinskaya, Ya. (2019). Features of the enzyme composition of Jerusalem artichoke tubers. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 21(91), 14–19. doi: 10.32718/nvlvet-f9103

The article deals with different methods of preparing Jerusalem artichoke tubers to stabilize the color of semi-finished products and finished products. The varieties Interés and Violet de Rennes were chosen as objects of study. The purpose of this work is to study the activity of the enzyme system of Jerusalem artichoke tubers, followed by the use of raw materials as an ingredient in the preparation of culinary dishes with high nutritional and biological value. In accordance with the objective, the characteristics of the enzymatic composition of the material under study were researched. It was found that of the oxidoreductases present, the most active enzyme is polyphenol oxidase. It has been established that in the tubers of Jerusalem artichoke, the activity of polyphenol oxidase is in 1.8 times lower, peroxidase – in 1.34 times higher; ascorbate oxidase is in 2.79 times higher than that of Violet de Rennes tubers. A comparative analysis was performed on the reduction of the activity of enzymes and the preservation of the mass fraction of L-ascorbic acid in heat treatment and microwave processing. It has been established that the most successful method of treating Jerusalem artichoke tubers in order to inactivate the enzyme system and to preserve L-ascorbic acid is a microwave processing of 600 W in 1 minute. Studies have shown that with such preparation, the semi-finished product does not change color, the activity of the enzyme polyphenol oxidase decreases by 20 times, and the maintenance of the content of L-ascorbic acid is 68.4%. In further studies, it is important to study the technologies for preparing culinary dishes based on Jerusalem artichoke tubers using the results obtained to stabilize the color and preserve the biologically active substances of the raw materials.

Key words: Jerusalem artichoke, oxidizing enzymes, oxidoreductases, polyphenol oxidase, peroxidase, ascorbate oxidase, ascorbic acid, microwave processing.

Особливості ферментного складу бульб топінамбура

І.Р. Біленька, Н.А. Лазаренко, О.В. Золовська, Я.А. Голінська

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

Розглянуто різні методи підготовки бульб топінамбура з метою стабілізації кольору напівфабрикату та готової продукції. Об'єктами дослідження обрано бульби топінамбура сортів Інтерес та Violet de Rennes. Метою даної роботи є дослідження активності ферментної системи бульб топінамбура з подальшим використанням сировини як інгредієнта при приготуванні кулінарних страв із підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Згідно з поставленою метою вивчено особливості ферментативного складу дослідної сировини та встановлено, що з представлених оксидоредуктаз найбільшу активність має фермент поліфенолоксидаза. Встановлено, що в бульбах топінамбура сорту Інтерес активність поліфенолоксидази в 1,8 разу нижча, пероксидази – в 1,34 разу вища; аскорбатоксидази – в 2,79 разу вища порівняно з сортом Violet de Rennes. Проведений порівняльний аналіз щодо зменшення активності ферментів та збереження масової частки L-аскорбінової кислоти при теплової обробці та НВЧ-обробці. Встановлено, що найбільш вдалим методом обробки бульб топінамбура з метою інактивзації ферментної системи та збереження L-аскорбінової кислоти є НВЧ-обробка потужністю 600 Вт протягом 1 хвилини. Дослідження показали, що при такій підготовці напівфабрикат не змінює кольору, активність ферменту поліфенолоксидази знижується у 20 разів, а збереження вмісту L-аскорбінової кислоти становить 68,4%. У подальших дослідженнях є актуальним вивчення технологій кулінарних страв на основі

бульб топінамбура із застосування отриманих результатів з метою стабілізації кольору та збереження біологічно активних речовин сировини.

Ключові слова: топінамбур, окислювальні ферменти, оксидоредуктази, поліфенолоксидаза, пероксидаза, аскорбатоксидаза, аскорбінова кислота, НВЧ-обробка.

Вступ

Забезпечення населення високоякісними харчовими продуктами – одна з головних проблем, які стоять перед державою. У вирішенні даного питання суттєву роль відводять галузі харчування. Важливим насамперед є виготовлення продуктів високої харчової та біологічної цінності, які дозволяють забезпечити організм людини протягом року необхідними поживними речовинами для підтримання життєдіяльності та працездатності. До такої продукції з впевненістю можна віднести страви здорового харчування. Важливою перешкодою щодо отримання таких продуктів переважно є ферментативна система рослинних інгредієнтів страви.

Актуальність проблеми. Нині дуже розвинена тенденція стосовно дотримання здорового харчування. Споживачі стали частіше цікавитися своїм раціоном харчування та методами його поліпшення. З метою збереження у страві біологічно активних речовин можна корегувати її інгредієнтний склад. Відомо ряд розробок, в яких бульби топінамбура використовують як компонент для підвищення харчової та біологічної цінності продуктів харчування (Takeuchi & Nagashima, 2011; Gedrovica et al., 2011; Radovanovic et al., 2015). Однак ця сировина має дуже розвинену ферментну систему, що ускладнює процес її переробки. Значна частина технологій щодо виготовлення харчових продуктів передбачає здійснення на стадії підготовки очищення сировини, внаслідок чого відбувається її потемніння, що призводить як до погіршення смакових якостей готової страви, так і до зниження її біологічної цінності. Тому актуальним є вивчення питання особливостей ферментативного складу вказаної сировини.

У ферментній системі бульб топінамбура особливий інтерес становлять ферменти класу оксидоредуктаз, такі як поліфенолоксидаза, пероксидаза та аскорбатоксидаза. Відомо, що поліфенолоксидаза та пероксидаза каталізують реакції окиснення о-дифенолів, моно-, три- та поліфенолів з утворенням відповідних хінонів, при цьому акцептором водню служить молекулярний кисень (Polygalina et al., 2003; Telezhenko & Bezusov, 2004). Перші дослідження активності поліфенолоксидази, датовані ще 1986 р., показали, що фермент має оптимальну активність при рН близько 6 одиниць і незворотно інактивується при рН нижче 3 одиниць (Zawistowski et al., 1986). Пероксидаза виявляє термостійкість і лише частково руйнується при тепловій обробці. Аскорбатоксидаза каталізує реакцію окиснення L-аскорбінової кислоти у дегідроформу, яка не володіє вітамінною активністю (Polygalina et al., 2003; Telezhenko & Bezusov, 2004).

Порівняльна оцінка хіміко-технологічних і біохімічних показників бульб топінамбура сортів Інтерес, Новина ВІРа і Violet de Rennes (Kvitajlo, 2011) як

сировини для низькотемпературного консервування встановила оптимальні параметри процесу бланшування топінамбура в аноліті: температура обробки 85–90 °С, тривалість 5–7 хвилин, рН 4,0–4,5. Авторами відмічено, що відповідно до обраних режимів отримані зразки були світлими, напівфабрикати з топінамбура не темніли та зберігали натуральне забарвлення при охолодженні, заморожуванні та зберіганні. Однак в технологіях перших, других страв та більшості десертів у закладах ресторанного господарства передбачена теплова обробка, яка приводить до втрат біологічно активних складових сировини, до яких насамперед належать поліфенольні сполуки та L-аскорбінова кислота. В цьому направленні авторами дослідження не проводилися.

Поліфеноли та активність поліфенолоксидази бульб топінамбура досліджували ряд вчених (Tchone, 2003; Tchone et al., 2006). Tchone M. встановлено, що поліфеноли локалізуються майже виключно в зовнішній клітинній стінці бульб топінамбура і можуть залежати від сорту бульб. Розроблено найкращий спосіб екстракції фенольних сполук з коефіцієнтом варіації 6%. Як екстрагент було використано суміш етилацетат-метанол у співвідношенні 1:1, таким чином в екстрактах топінамбура було виявлено 22 фенольні сполуки, але ці дані не мали прикладного значення для харчових технологій, тому дослідження особливостей ферментативного складу бульб топінамбура та їхнього впливу на вибір технологічних прийомів переробки є доцільним.

Дослідниками (Bach et al., 2012; 2013; 2015) було вивчено вміст фенольних сполук в бульбах топінамбура та встановлено, що основними фенольними сполуками у сировині є галола, саліцилова і кофеїнова кислоти, вміст фенольних сполук у шкірці до 12 разів вищий, ніж у м'якоті бульб.

У роботах (Bezusov et al., 2009) наведено результати дослідження ферментної системи бульб топінамбура, що пов'язані з отриманням інуліну та інулінподібних речовин in Vitro.

Активність ферменту поліфенолоксидази та способи запобігання потемніння бульб топінамбура досліджували в Одеській національній академії харчових технологій (Bilenka & Lazarenko, 2015). Науковцями Харківського державного університету харчування та торгівлі (Cherevko et al., 2007) розроблено спосіб запобігання потемніння бульб топінамбура, але не було досліджень при різній кулінарній обробці сировини, тому актуальним є проведення ряду експериментів для вирішення поставленого завдання.

З метою вирішення питань харчової індустрії провідними українськими вченими (Pavlyuk et al., 2015) розроблена інноваційна криогенна технологія переробки топінамбура в нанопорошки, яка заснована на використанні криогенного “шокового” заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подріб-

нення з подальшим сублімаційним сушінням. Було доведено, що хімічний склад розроблених нанопорошків вирізняється високим вмістом фруктози у вільному стані та високим вмістом біологічно активних речовин, такими як фенольні сполуки, флавонолові глікозиди, дубильні речовини.

Дослідниками (Bilenka et al., 2018) розглядалися різні технологічні прийоми попередньої обробки іншої сировини – коренеплодів селери і пастернаку з метою запобігання їх потемнінню при приготуванні страв у закладах ресторанного господарства. Встановлено, що оптимальною є НВЧ-обробка при потужності 650 Вт протягом 1 хвилини, яка дозволила запобігти потемнінню сировини після її очищення і зберегти L-аскорбінову кислоту на 64,6% та 65,0% у коріннях селери та пастернаку відповідно.

Метою роботи є проведення досліджень активності ферментної системи бульб топінамбура з подальшим використанням сировини як інгредієнта при приготуванні кулінарних страв із підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Згідно з поставленою метою потрібно вирішити наступні завдання: на першому етапі – дослідити ферментну систему обраної сировини різних сортів; обрати більш доцільний сорт для подальших досліджень. На другому етапі – встановити, як впливають на ферментну систему технологічні операції кулінарної обробки та визначити, при якій обробці будуть менші втрати L-аскорбінової кислоти.

Матеріал і методи досліджень

У роботі використовували бульби топінамбура сортів Интерес та Violet de Rennes як перспективні рецептурні компоненти кулінарних страв з підвищеною біологічною цінністю.

Для визначення активності поліфенолоксидази, пероксидази та аскорбатоксидази в одній наважці використовували загальновідомий метод, заснований на тому, що як субстрат для визначення активності ферментної суміші дослідних зразків використовували

аскорбінову кислоту. Активність ферменту розраховували як різницю між кількістю 2,6-дихлорфеноліндофенолу, що пішла на титрування контрольних проб (активність ферментів фіксували три хлороцтовою або сірчистою кислотою) і досліджуваних зразків (активність протягом 30 хвилин із субстратом) (Polygalina et al., 2003; Bezusov et al., 2017).

L-аскорбінову кислоту визначали методом Тильманса, який заснований на екстрагуванні її з наважки сировини розчином хлороводневої кислоти з подальшим титрування розчином 2,6-дихлорфеноліндофенолу (Bezusov et al., 2017). Колір бульб топінамбура фіксували після підготовки (миття, очищення та подрібнення) протягом 10 хвилин.

Результати та їх обговорення

Оскільки особливістю переробки бульб топінамбура є те, що після очищення і подрібнення сировина темніє внаслідок дії окислювальних ферментів, що суттєво впливає як на органолептичні властивості готових продуктів, так і на їхню харчову й біологічну цінність, на першому етапі досліджень вивчали активність оксидоредуктаз бульб топінамбура у сортовому розрізі (табл. 1).

З даних, наведених у таблиці 1, видно, що найбільшу активність серед представлених оксидоредуктаз має поліфенолоксидаза, активність якої суттєво відрізняється серед двох сортів – в 1,8 рази більша для сорту Violet de Rennes. Порівняно з іншими окислювальними ферментами видно, що в бульбах сорту Интерес активність поліфенолоксидази порівняно з активністю пероксидази вища у 2,7 рази, аскорбатоксидази – у 2,72 рази. Для бульб топінамбура сорту Violet de Rennes у 5,97 та 13,64 рази відповідно. Найвні також відмінності у сортовому розрізі: активність пероксидази в бульбах топінамбура сорту Интерес в 1,34 рази, а аскорбатоксидази – в 2,79 рази вища порівняно з активністю даних ферментів в бульбах сорту Violet de Rennes.

Таблиця 1

Активність оксидоредуктаз бульб топінамбура (n = 3, P ≥ 0,95)

Активність ферментів, од/г	Бульби топінамбура сорту Интерес	Бульби топінамбура сорту Violet de Rennes
Поліфенолоксидаза	21,2	38,2
Пероксидаза	8,6	6,4
Аскорбатоксидаза	7,8	2,8

Оскільки найбільший вплив на погіршення органолептичних якостей та зниження біологічної цінності бульб топінамбура має поліфенолоксидаза, активність якої дуже висока у сорті Violet de Rennes, був обраний для подальших досліджень топінамбур сорту Интерес, в бульбах якого активність даного ферменту була нижчою.

У закладах ресторанного господарства бульби топінамбура найчастіше використовують для приготування перших, других страв та десертів. Дані страви за технологією вимагають застосування теплової обробки сировини – припускання, варіння, запікання.

Тому на другому етапі досліджували різні способи підготовки сировини до подальшої кулінарної обробки. Визначали зміни кольору при обробці в розчинах лимонної кислоти, аскорбінової кислоти та хлориду натрію з різною концентрацією. Спостереження за зміною кольору проводили протягом 10 хвилин, оскільки цього часу достатньо для підготовки сировини до наступної технологічної операції. Проводили обробку як неочищених так й очищених бульб топінамбура. Результати обробки неочищених бульб представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Зміни кольору неочищених бульб топінамбура при обробці розчинами лимонної кислоти, аскорбінової кислоти та хлориду натрію (n = 3, P ≥ 0,95)

Час спостереження, хв	Обробка розчином лимонної кислоти		Обробка розчином аскорбінової кислоти		Обробка розчином хлориду натрію	
	1%	1,5%	0,5%	1%	1%	1,5%
5	темніє	темніє	темніє	темніє	темніє	темніє
10	темніє	без змін	темніє	без змін	темніє	без змін

Дані таблиці 2 показують, що при обробці неочищених бульб топінамбура 1,5% розчином лимонної кислоти протягом 10 хвилин не спостерігалися зміни кольору. Аналогічний результат зафіксовано при

обробці протягом 10 хвилин 1% розчином аскорбінової кислоти та 1,5% розчином хлориду натрію. Результати обробки очищених бульб наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Зміни кольору очищених бульб топінамбура при обробці розчинами лимонної кислоти, аскорбінової кислоти та хлориду натрію (n = 3, P ≥ 0,95)

Час спостереження, хв	Обробка розчином лимонної кислоти		Обробка розчином аскорбінової кислоти		Обробка розчином хлориду натрію	
	1%	1,5%	0,5%	1%	1%	1,5%
5	темніє	без змін	темніє	без змін	темніє	без змін
10	без змін	без змін	без змін	без змін	без змін	без змін

Дані таблиці 3 показують, що при обробці очищених бульб топінамбура 1% розчином лимонної кислоти протягом 10 хвилин не спостерігалися зміни кольору. Аналогічний результат зафіксовано при обробці протягом 10 хвилин 0,5% розчином аскорбінової кислоти та 1% розчином хлориду натрію. Однак, при виготовленні десертних страв, варто враховувати що

обробка розчином хлориду натрію може вплинути негативно на їх органолептичні показники якості.

Оскільки теплова обробка частково інактивує окислювальні ферменти, проводили дослідження щодо зміни кольору очищених бульб топінамбура при тепловій обробці протягом 5 та 10 хвилин (табл. 4).

Таблиця 4

Зміни кольору при тепловій обробці бульб топінамбура (n = 3, P ≥ 0,95)

Час спостереження, хв	Теплова обробка у воді		Теплова обробка парою	
	5 хв	10 хв	5 хв	10 хв
5	злегка кремуватий відтінок	колір без змін та пом'якшення структури	колір без змін	колір без змін, пом'якшення структури
10	темніє	колір без змін та пом'якшення структури	колір без змін	колір без змін, пом'якшення структури
15	темніє	колір без змін та пом'якшення структури	злегка кремуватий відтінок	колір без змін, пом'якшення структур

З таблиці 4 видно, що теплова обробка у воді протягом 10 хвилин сприяє стабілізації кольору, але приводить до пом'якшення структури сировини, що є небажаним для приготування більшості страв. Теплова обробка парою протягом 5 хвилин є більш доцільною для обраної сировини.

У роботі було досліджено вплив різних режимів обробки топінамбура НВЧ-струменями на попередження потемніння сировини внаслідок негативної дії окислювальних ферментів. Дані спостережень наведені у таблиці 5.

Аналізуючи дані таблиці 5 встановлено, що кожний з наведених режимів обробки має варіант, коли

сировини залишається без змін. Різниця полягає в тривалості обробки. Так, для першого варіанту для досягнення такого ефекту потрібно обробляти НВЧ-струменями протягом 4 хв, а при потужності 600 Вт необхідно витратити в 4 рази менше часу.

Для доведення до кулінарної готовності страви зазвичай використовують теплову обробку сировини, під час якої руйнується L-аскорбінова кислота. Втрати її залежать від способу здійснення даної технологічної операції (табл. 6). Теплову обробку водою проводили протягом 10 хв, парою – протягом 5 хв. НВЧ-обробку проводили при потужності 600 Вт протягом 1 хв.

Таблиця 5

Зміни кольору бульб топінамбура в залежності від режимів обробки НВЧ-струменями (n = 3, P ≥ 0,95)

Потужність, Вт	Тривалість обробки, хв				
	1	2	3	3,5	4
100	сировина	сировина	сировина	сировина темніє через 10 хв	сировина без змін
180	одразу темніє	сировина	одразу темніє	сировина без змін	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма
300	одразу темніє	одразу темніє	сировина без змін	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма
450	сировина	сировина без змін	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма
600	одразу темніє	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма	сировина без змін, але у середині з'являється темна зневоднена пляма

Таблиця 6

Активність ферментів і значення L-аскорбінової кислоти бульб топінамбура при різних способах теплової обробки, (n = 3, P ≥ 0,95)

Назва показника	Свіжа сировина	Теплова обробка водою	Теплова обробка парою	НВЧ-обробка
Поліфенолоксидаза, од/г	21,2	2,81	3,94	1,06
Пероксидаза, од/г	8,6	0,96	1,25	1,38
Аскорбінаоксидаза, од/г	7,8	3,2	3,6	3,4
L-аскорбінова кислота, мг/100г	8,2	3,9	4,8	5,6
Втрати L-аскорбінової кислоти, %	-	52,4	41,5	31,6

За даними, наведеними у таблиці 6, видно, що збереження вмісту L-аскорбінової кислоти становило для: теплової обробки водою – 47,6%, обробки парою – 58,5%, НВЧ-обробки – 68,4%. Під час проведення вищевказаних видів обробки сировини спостерігали суттєве зниження активності поліфелоксидази: при тепловій обробці водою – у 7,5 разу, при обробці парою – у 5,4 разу, при НВЧ-обробці – у 20 разів. Тенденцію зменшення активності мали й пероксидаза та аскорбатоксидаза. Встановлено, що найкращим способом обробки бульб топінамбура з метою зниження активності ферментної системи та збереження L-аскорбінової кислоти є НВЧ-обробка при потужності 600 Вт протягом 1 хв.

Висновки

Досліджено ферментативну систему бульб топінамбура у сортовому розрізі. Ферменти, активність яких визначали, належать до класу оксидоредуктаз. Встановлено, що активність поліфенолоксидази в 1,8 разу нижча в бульбах топінамбура сорту Інтерес, активність пероксидази – в 1,34 вища; активність аскорбатоксидази – в 2,79 разу вища порівняно з сортом Violet de Rennes. З огляду на отримані експериментальні дані для подальших досліджень обрано бульби топінамбура сорту Інтерес.

Вивчено вплив технологічних операцій при переробці бульб топінамбура на активність ферментів, біологічну цінність сировини залежно від способу її обробки. Для підготовки застосовували теплову обробку водою та парою, НВЧ-обробку при різних режимах. Визначено, що при різній потужності випромінювання активність поліфенолоксидази різна внаслідок деструкції білку, який складає основу ферменту. Встановлено, що при НВЧ-обробці з потужністю 600 Вт протягом 1 хв активність ферменту поліфенолоксидази знизилася у 20 разів, що позитивно вплине на органолептичну якість готового продукту.

Перспективи подальших досліджень. В закладах ресторанного господарства доцільно застосовувати НВЧ-обробку з метою отримання продуктів харчування високої органолептичної якості при виробництві перших, других страв та десертів. При подальших дослідженнях актуальним є вивчення технологій кулінарних страв на основі бульб топінамбура із застосуванням отриманих результатів з метою зменшення активності оксидоредуктаз та збереження біологічно активних речовин сировини.

References

Bach, V., Clausen, M., & Edelenbos, M. (2015). Production of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

- and Impact on Inulin and Phenolic Compounds. *Processing and Impact on Active Components in Food*, 6, 97–102. doi: 10.1016/B978-0-12-404699-3.00012-3.
- Bach, V., Jensen, S., Clausen, M.R., & Bertram, H.C. (2013). Enzymatic browning and after-cooking darkening of Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) M. *Edelenbos Food Chem*, 141(2), 1445–1450. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.028.
- Bach, V., Kidmose, U., Kjeldsen, G.B., & Edelenbos, M. (2012). Effects of harvest time and variety on sensory quality and chemical composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers *Food Chem*, 133(1), 82–89. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.12.075.
- Bezusov, A.T., Pylypenko, I.V., & Srednytska, Z.Iu. (2009). Vychennia fermentatyvnykh system topinamburu dlia otrymannia inulinu ta inulinopodibnykh rehovyn in vitro. *Naukovi pratsi ONAKhT*, 36(2), 34–37 (in Ukrainian).
- Bezusov, A.T., Verkhivker, Ya.H., & Storozhuk, V.M. (2017). Tekhnolohiia konservovanykh produktiv. lab. Praktykum. navch. posib. ta in. Odesa. Osvita Ukrainy (in Ukrainian).
- Bilenka, I., Golinskaya, Y., Dzyuba, N., & Martirosian, H. (2018). Effect of pre-treatment on Qualitative indices of weite Roots. *Food Science and Technology*, 12(1), 34–42. doi: 10.15673/fst.v12i1.838.
- Bilenka, I.R., & Lazarenko, N.A. (2015). Ozdorovchi produkty na osnovi topinambura: monohrafiia. Odes. nats. akad. kharch. tekhnolohii. Odesa (in Ukrainian).
- Cherevko, O.I., Dudenko, N.V., Horban, V.H., Pavlotska, L.F., & Zhohlo, V.I. (2007). Sposib zakhystu ochyshchenykh bulb topinambura vid potemninnia: pat. na korysnu model 19897 Ukraina: MPK A 23 V 7/ 005/- № 200602841; zaiav. 13.03.2006; publ. 15.01.2007, Biul. № 1 (in Ukrainian).
- Gedrovica, I., Karklina, D., Fras, A., Jablonka, O., & Boros, D. (2011). The non-starch polysaccharides quantity changes in pastry products where Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) added. *Procedia Food Sci*, 1, 1638–1644. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.242.
- Kvitajlo, I.V. (2011). Razrobotka tehnologii ohlazhdennyh i zamorozhennyh kombinirovannyh salatov funkcional'nogo naznachenija. dis. kand. tehn. nauk: 05.18.01. Krasnodar (in Russian).
- Pavlyuk, R., Bessarab, O., Pogarskaya, V., Balalai, K., & Loseva, S. (2015). Development of cryogenic technology for the production of nano-powders from topinambour using liquid and gaseous nitrogen. *Eastern-European journal of enterprise technology*, 6/10(78), 4–10. doi: 10.15587/1729-4061.2015.56170.
- Polygalina, G.V., Cherednichenko, V.S., & Rimareva, L.V. (2003). Opređenje aktivnosti fermentov: spravochnik. M. DeLi print (in Russian).
- Radovanovic, A., Stojceska, V., Plunkett, A., Jankovic, S., Milovanovic, D., & Cupara, S., (2015). The use of dry Jerusalem artichoke as a functional nutrient in developing extruded food with low glycaemic index. *A. Radovanovic. Food Chem*, 177(15), 81–88. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12. 096.
- Takeuchi, J., & Nagashima, T. (2011). Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties. *Food Chem*, 126(1), 922–926. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.080.
- Tchone, M. (2003). Über Polyphenole in Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) und andere gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe. Doctoral Thesis. Tchone Michel. Berlin, 281 doi: 10.14279/depositonce-670.
- Tchoné, M., Bärwald, G., Annemüller, G., & Fleischer, L.G. (2006). Separation and identification of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) *Sci. Aliments*, 26, 394–408. doi: 10.3166/sda.26.394-408.
- Telezhenko, L.N., & Bezusov, A.T. (2004). Biologicheski aktivne veshhestva fruktov i ovoshhej i ih soranenie pri pererabotke. Odessa. Optimus (in Russian).
- Zawistowski, J., Blank, G., Murray, E.D. (1986). Polyphenol Oxidase Activity in Jerusalem Artichokes. (*Helianthus tuberosus* L.) *Food Res. Int.*, 19, 210–214. doi: 10.1016/S0315-5463(86)71669-6.