

УДК 582.998.16:547.455.65:543.42:543.544.3
DOI 10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i1.7687

А. І. Федосов, В. С. Кисличенко, О. М. Новосел
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ХАРКІВ

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНУЛІНУ В АРТИШОКУ СУЦВІТТЯХ, ЗАГОТОВЛЕНИХ В УКРАЇНІ ТА ФРАНЦІЇ

Вступ. На сьогодні нараховується понад 12 000 лікарських рослин, що являють собою біогенетично сформований комплекс біологічно активних речовин (БАР) і широко використовуються як у науковій, так і народній медицині. Серед них на значну увагу заслуговують рослини, що застосовуються як харчові продукти та одночасно містять великий комплекс біологічно активних речовин. До таких рослин належить артишок посівний (*Synara scolymus L.*) родини айстрові (*Asteraceae*), який, завдяки наявності різних груп БАР, широко використовують як жовчогінний, гепатопротекторний, діуретичний, антисклеротичний, протизапальний, знеболювальний, гіпоглікемічний засіб. БАР артишоку представлені вуглеводами, гідроксикоричними кислотами, флавоноїдами, ефірною олією тощо.

Мета дослідження – виявити і визначити кількісний вміст інуліну в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні та Франції.

Методи дослідження. Наявність інуліну в сировині, яку досліджували, підтверджували за допомогою реакції Моліша. Кількісний вміст інуліну в артишоку суцвіттях визначали спектрофотометричним (метод 1) і ГХ хромато-мас-спектрофотометричним (метод 2) методами.

Результати й обговорення. Поява темно-фіолетового забарвлення свідчила про наявність інуліну в обох зразках досліджуваної сировини. Було встановлено, що вміст суми фруктозанів, визначений спектрофотометричним методом, у артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні, становив 2,31 %, а заготовлених у Франції – 2,77 %. Вміст інуліну, визначений ГХ хромато-мас-спектрофотометричним методом, складав, відповідно, 119,30 та 147,60 мг/мл.

Висновки. За допомогою реакції Моліша в обох зразках артишоку суцвіть встановлено наявність інуліну. За допомогою спектрофотометричного і ГХ хромато-мас-спектрофотометричного методів аналізу в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні та Франції, визначено кількісний вміст інуліну, який склав у артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні, 2,31 % і 119,30 мг/мл відповідно, в артишоку суцвіттях, заготовлених у Франції, – 2,77 % і 147,60 мг/мл відповідно. Одержані результати дозволяють вважати сировину артишоку українського та французького походження взаємозамінною для отримання біологічно активних субстанцій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: артишок посівний; інулін; спектрофотометрія; газова хроматографія.

ВСТУП. На сьогодні нараховується понад 12 000 лікарських рослин, що являють собою біогенетично сформований комплекс біологічно активних речовин (БАР) і широко використовуються як у науковій, так і народній медицині. Серед них на значну увагу заслуговують рослини, що застосовуються як харчові продукти та одночасно містять великий комплекс біологічно активних речовин [4]. До таких рослин належить артишок посівний (*Synara scolymus L.*) родини айстрові (*Asteraceae*), який, завдяки наявності різних груп БАР, широко використовують як жовчогінний, гепатопротекторний, діуретичний, антисклеротичний, протизапальний, знеболювальний, гіпоглі-

© А. І. Федосов, В. С. Кисличенко, О. М. Новосел, 2017.

кемічний засіб [4]. БАР артишоку представлені вуглеводами, гідроксикоричними кислотами, флавоноїдами, ефірною олією тощо [4].

Протягом багатьох століть велику увагу приділяли застосуванню такого полісахариду, як інулін [3]. Він є полідисперсним фруктаном – сумішшю олігомерів і полімерів фруктози [2, 6].

Ферментація інуліну відбувається у товстій кишці, що сприяє збільшенню біфідобактерій у ній, зниженню кількості токсичних метаболітів, холестерину, ліпопротеїнів низької щільності, кров'яного тиску, нормалізації глюкози та ліпідів у крові, метаболізму вуглеводів і ліпідів, поліпшенню абсорбції Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , PO_4^{3-} [1, 3]. Інулін проявляє імуномодулюючу [5], гіпохолесте-

ринемічну, гепатопротекторну дію [3, 9]; ефективний при отруєнні радіонуклідами та важкими металами, стимулює ріст кісток і знижує ризик виникнення кісткових захворювань, нормалізує функціональну діяльність кишечника [3, 7, 9]. Деякі комплексні сполуки та похідні інуліну можна використовувати як заміники крові, ін'єкційні препарати для введення заліза тощо. Японські вчені створили інуліновмісні препарати, які застосовують для лікування СНІДу [1]. Встановлено, що інулін добре засвоюється хворими на цукровий діабет, навіть у великих дозах. При цьому він не впливає на рівень глюкози та інсуліну в крові [2]. Таку його здатність широко використовують у виробництві продуктів дієтичного харчування для діабетиків [1, 2]. Завдяки низькій калорійності, інулін застосовують у дієтичному харчуванні хворих з порушенням обміну речовин, наприклад з надлишковою масою тіла, оскільки зменшення маси повинно бути природним і не порушувати метаболічних процесів в організмі [2, 9].

Крім того, інулін широко використовують у харчовій промисловості. Він має здатність до утворення з водою кремоподібних гелів з жироподібною структурою, що дозволяє застосовувати його при виробництві продуктів зі зниженою жирністю. Також цей полісахарид широко застосовують у рецептурах молочних, кондитерських, хлібобулочних виробів як добавку, що покращує їх смакові та дієтичні властивості [2, 10].

Мета дослідження – виявити і визначити кількісний вміст інуліну в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні та Франції.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Об'єктом дослідження слугували артишоку суцвіття, заготовлені в Україні та Франції.

Для встановлення наявності інуліну 1000 мг подрібненої сировини, яку досліджували, заливали 10 мл гарячої води та екстрагували протягом 20 хв на киплячій водяній бані. Водну витяжку охолоджували, фільтрували та упарювали до сухого залишку, який використовували для проведення реакції Моліша – кислота сульфатна концентрована і розчин α -нафтолу [12].

Кількісне визначення інуліну проводили спектрофотометричним і ГХ хромато-мас-спектрофотометричним методами.

Спектрофотометричне визначення. Близько 1000 мг (точна наважка) подрібненої сировини поміщали в колбу зі шліфом місткістю 250 мл, додавали 100 мл води, перемішували, зважували, приєднували до зворотного холодильника і кип'ятили на водяній бані протягом 30 хв. Колбу охолоджували, зважували, доводили до попередньої маси водою. Витяжку

фільтрували крізь паперовий фільтр у мірну колбу місткістю 100 мл, промивали фільтр водою та доводили об'єм розчину до позначки (розчин А).

50 мл розчину А поміщали в колбу місткістю 250 мл, додавали 150 мл 96 % етанолу, перемішували протягом 5 хв, охолоджували, фільтрували крізь паперовий фільтр. Осад на фільтрі та стінках колби послідовно промивали 15 мл 96 % етанолу, 10 мл ацетону, 15 мл етилацетату. До осаду на фільтрі та стінках мірної колби додавали гарячу воду порціями по 25 мл 3 рази, по 10 мл 2 рази до розчинення осаду. Фільтрати збирали в мірну колбу місткістю 100 мл і доводили об'єм розчину водою до позначки (розчин Б).

5 мл розчину Б поміщали в мірну колбу місткістю 25 мл, додавали 5 мл 0,1 % розчину резорцину, доводили об'єм розчину кислотою хлористоводневою концентрованою до 25 мл, нагрівали на водяній бані при температурі $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 20 хв, охолоджували до кімнатної температури та визначали оптичну густину при довжині хвилі 485 нм.

Вміст суми фруктозанів (X, %) у сировині, в перерахунку на фруктозу й абсолютно суху сировину, обчислювали за формулою:

$$X = \frac{A \cdot 100 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 100}{475 \cdot 100 \cdot m \cdot 50 \cdot 1 \cdot (100 - W)},$$

де А – оптична густина випробовуваного розчину; 475 – коефіцієнт питомого поглинання комплексу фруктози з розчином резорцину; m – маса наважки сировини, г; W – втрата в масі при висушуванні сировини, % [8].

ГХ хромато-мас-спектрофотометричне визначення. Близько 500 мг (точна наважка) порошкової сировини обробляли розчином метанолу при температурі 80°C на ультразвуковій бані протягом 4 год. Потім пробу охолоджували до температури 60°C , змішували зі 100 мкл ферменту "Fructozyme", витримували на ультразвуковій бані протягом 30 хв і визначали загальний вміст фруктози. Паралельно одержували пробу без проведення ферментативного гідролізу інуліну, визначаючи вміст вільної фруктози. З літературних джерел відомо, що артишоку суцвіття містять сахарозу, при гідролізі якої також утворюється фруктоза. Тому при обчислюванні вмісту інуліну було враховано вміст сахарози. Розрахунок кількісного вмісту інуліну (X, мг/мл) проводили за різницею між загальним вмістом фруктози після ферментативного гідролізу та сумою вільної фруктози з фруктозою, яка утворилася після гідролізу сахарози, за формулою:

$$X = \frac{A \cdot (F_1 - F_2 - F_3)}{P},$$

де F_1 – концентрація загальної фруктози, мг/мл; F_2 – концентрація вільної фруктози, мг/мл; F_3 – концентрація фруктози, що утворюється в результаті гідролізу сахарози, мг/мл ($F_3 = S/B$, де S – концентрація сахарози, B – емпіричний фактор конверсії фруктози відносно сахарози, який дорівнює 2,13); A – емпіричний фактор конверсії фруктози відносно інуліну, який дорівнює 1,03; P – маса наважки досліджуваної сировини, мг [11, 12].

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ. У результаті проведеної реакції Молиша спостерігали появу

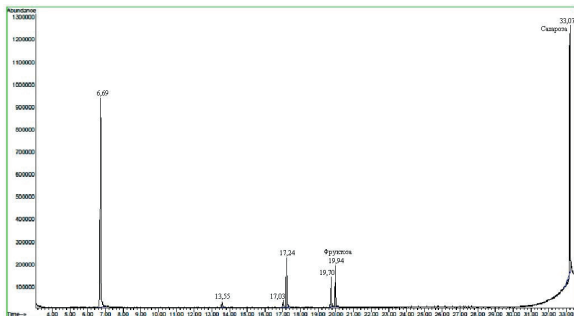


Рис. 1. Хроматограма визначення вільної фруктози та сахарози в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні.

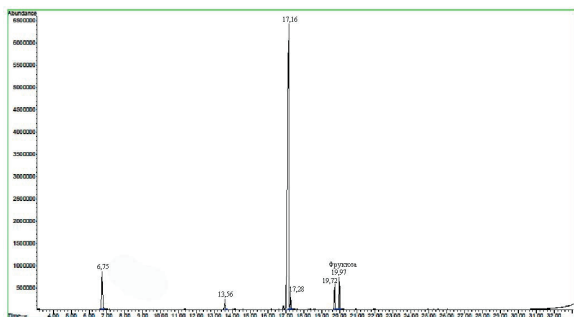


Рис. 2. Хроматограма визначення загального вмісту фруктози (після ферментативного гідролізу) в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні.

темно-фіолетового забарвлення, що свідчило про наявність інуліну в обох зразках досліджуваної сировини. Результати кількісного визначення інуліну в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні та Франції, наведено на рисунках 1–4 та в таблиці.

Як видно з таблиці, кількісний вміст інуліну, визначений спектрофотометричним методом, в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні, становив 2,31 %, ГХ хромато-мас-спектрофотометричним методом – 119,30 мг/мл. Вміст інуліну в артишоку суцвіттях, заготовлених у Франції, складав 2,77 % та 147,60 мг/мл відповідно.

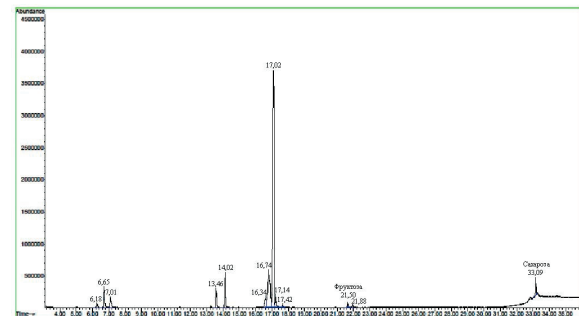


Рис. 3. Хроматограма визначення вільної фруктози та сахарози в артишоку суцвіттях, заготовлених у Франції.

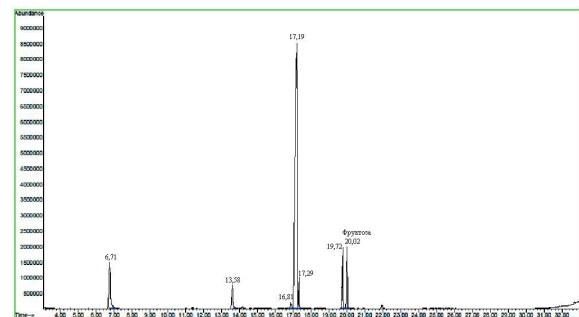


Рис. 4. Хроматограма визначення загального вмісту фруктози (після ферментативного гідролізу) в артишоку суцвіттях, заготовлених у Франції.

Таблиця – Результати кількісного визначення інуліну в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні та Франції

Назва сировини, яку досліджували	Кількісний вміст, визначений методом	
	спектрофотометрії	ГХ хромато-мас-спектрофотометрії
Артишоку суцвіття, заготовлені в Україні	2,31±0,03 %	119,30 мг/мл
Артишоку суцвіття, заготовлені у Франції	2,77±0,04 %	147,60 мг/мл

ВИСНОВКИ. 1. За допомогою реакції Молиша в обох зразках артишоку суцвітть встановлено наявність інуліну.

2. За допомогою спектрофотометричного і ГХ хромато-мас-спектрофотометричного методів аналізу в артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні та Франції, визначено кількісний вміст

інуліну, який склав у артишоку суцвіттях, заготовлених в Україні, 2,31 % і 119,30 мг/мл відповідно, в артишоку суцвіттях, заготовлених у Франції, – 2,77 % і 147,60 мг/мл відповідно.

3. Одержані результати дозволяють вважати сировину артишоку українського та французького походження взаємозамінною для отримання біологічно активних субстанцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Изменение инулина в клубнях топинамбура при хранении / М. Н. Назаренко, Т. В. Бархатова, М. А. Кожухова [и др.] // *Науч. журн. КубГАУ*. – 2013. – № 94 (10). – С. 1–10.
2. Инулин из топинамбура: биосинтез, структура, свойства, применение / В. Н. Леонтьев, В. В. Титок, Д. А. Дубарь [и др.] // *Труды БГУ*. – 2014. – 9, ч. 1. – С. 180–185.
3. Ковтун Ю. А. Функціональні властивості інуліну / Ю. А. Ковтун, Т. О. Рашевська, О. А. Подковко // *Актуальні задачі сучасних технологій: Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 11–12 груд. 2013 р.)*: матеріали конф. – Тернопіль, 2013. – С. 259–260.
4. Миррахимова Т. А. Артишок колючий – перспективное лекарственное растение / Т. А. Миррахимова, А. Н. Юнусходжаев. – Ташкент: ИПТД имени Чулпана, 2015. – 208 с.
5. Immunological Properties of Inulin-Type Fructans / L. Vogt, D. Meyer, G. Pullens [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2015. – № 55. – P. 414–436.
6. Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics / M. A. Mensink, H. W. Frijlink, K. van der Voort Maarschalk, W. L. J. Hinrichs // *Carbohydrate Polymers*. – 2015. – № 130. – P. 405–419.
7. Inulin – a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses / Th. Barclay, M. Ginic-Marcovic, P. Cooper, N. Petrovsky // *J. Excipients and Food Chem.* – 2010. – №1(3). – P. 27–50.
8. Kyslychenko V. S. The quantitative determination of fructosans in *Echinacea pallida*'s roots / V. S. Kyslychenko, Ya. V. Dyakonova // *7th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds*. – Tashkent, 2007. – P. 248.
9. Miremadi F. Applications of inulin and probiotics in health and nutrition / F. Miremadi, N. P. Shah // *International Food Research Journal*. – 2012. – № 19 (4). – P. 1337–1350.
10. Potential application of inulin in food industry; A review / M. Saeed, I. Yasmin, I. Pasha [et al.] // *Pakistan Journal of Food Sciences*. – 2015. – 25, Iss. 3. – P. 110–116.
11. Quantification of inulin content in selected accessions of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) / J. Brkljaca, M. Bodroza-Solarov, J. Krulj [et al.] // *Helia*. – 2014. – 37 (60). – P. 105–112.
12. Zarichanska O. Determination of inulin and free fructose content in modified roots of *Hemerocallis* species / O. Zarichanska, S. Marchyshyn, T. Yuschenko // *4th International conference and workshop "Plant – the source of research material"*, Lublin (Poland), September 20–23, 2015. – P. 224.

REFERENCES

1. Nazarenko, M.N., Barkhatova, T.V., Kozhukhova, M.A., Khripko, I.A., & Burlakova, E.V. (2013). *Izmenenie inulina v klubniakh topinambura pri khranении [Change of inulin in the tubers of Jerusalem artichoke at storage]*. *Nauchnyi zhurnal KubGAU. – Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, 94 (10), 1-10 [in Russian].
2. Leontev, V.N., Titok, V.V., Dubar, D.A., Ignatovets, O.S., Lugin, V.G., Feskova, E.V. (2014). *Inulin iz topinambura: biosintez, struktura, svoistva, primenenie [Inulin of Jerusalem artichoke: biosynthesis, structure, properties, application]*. *Trudy BGU. – Proceedings of the Belarusian State University*, 9 (1), 180-185 [in Russian].
3. Kovtun, Iu.A., Rashevskaya, T.O., & Podkovko, O.A. (2013). *Funktsionalni vlastyivosti inulinu [Inulin functional properties]*. In *Actual problems of modern technologies: Proceedings of the International scientific and technical conference of young researchers and students*. (pp. 259-260). Ternopil: TNTU [in Ukrainian].
4. Mirrakhimova, T.A., Yunuskhodzhaev, A.N. (2015). *Artishok koliuchii – perspektivnoe lekarstvennoe rastenie [Jerusalem artichoke – a prospective medicinal plant]*. Tashkent: IPTD imeni Chulpana [in Russian].
5. Vogt, L., Meyer, D., Pullens, G., Faas, M., Smelt, M., Venema, K., Ramasamy, U., Schols, H.A., De Vos, P. (2015). Immunological Properties of Inulin-Type Fructans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 414-436.
6. Mensink, M.A., Frijlink, H.W., Van der Voort Maarschalk, K., Hinrichs, W.L.J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 130, 405-419.
7. Barclay, Th., Ginic-Marcovic, M., Cooper, P., Petrovsky, N. (2010). Inulin – a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *J. Excipients and Food Chem.*, 1 (3), 27-50.
8. Kyslychenko, V.S., Dyakonova, Ya.V. (2007). The quantitative determination of fructosans in *Echinacea pallida*'s roots: *Proceedings of the 7th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds*, Tashkent-Uzbekistan, October 16-18, 2007 (p. 248). Tashkent.
9. Miremadi, F., Shah, N. P. (2012). Applications of inulin and probiotics in health and nutrition. *IFRJ*, 19 (4), 1337-1350.
10. Saeed, M., Yasmin, I., Pasha, I., Randhawa, M.A., Khan, M.I., Shabbir, M.A., & Khan, W.A. (2015). Potential application of inulin in food industry: A review. *Pak. J. Food Sci.*, 25 (3), 110-116.
11. Brkljaca, J., Bodroza-Solarov, M., Krulj, J., Terzić, S., Mikić, A., Marjanović Jeromela, A. (2014). Quantification of inulin content in selected accessions of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Helia*, 37 (60), 105-112.
12. Zarichanska, O., Marchyshyn, S., Yuschenko, T. (2015). Determination of inulin and free fructose content in modified roots of *Hemerocallis* species: *Proceedings of the 4th International conference and workshop "Plant – the source of research material"*, Lublin (Poland), September 20-23, 2015 (p. 224).

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНУЛИНА В АРТИШОКА СОЦВЕТИЯХ, ЗАГОТОВЛЕННЫХ В УКРАИНЕ И ФРАНЦИИ

Резюме

Вступление. На сегодняшний день насчитывается более 12 000 лекарственных растений, представляющих собой биогенетически сформированный комплекс биологически активных веществ (БАВ) и широко используемых как в научной, так и народной медицине. Среди них особого внимания заслуживают растения, которые применяются в качестве пищевых продуктов и одновременно содержат большой комплекс биологически активных веществ. К таким растениям относится артишок посевной (*Cynara scolymus L.*) семейства астровые (*Asteraceae*), который, благодаря наличию различных групп БАВ, широко используют как желчегонное, гепатопротекторное, диуретическое, антисклеротическое, противовоспалительное, анальгезирующее, гипогликемическое средство. БАВ артишока представлены углеводами, гидроксикоричными кислотами, флавоноидами, эфирным маслом и др.

Цель исследования – обнаружить и определить количественное содержание инулина в артишока соцветиях, заготовленных в Украине и Франции.

Методы исследования. Инулин в исследуемом сырье обнаруживали с помощью реакции Молиша. Количественное содержание инулина в артишока соцветиях определяли спектрофотометрическим (метод 1) и ГХ хромато-масс-спектрофотометрическим (метод 2) методами.

Результаты и обсуждение. Появление темно-фиолетовой окраски свидетельствовало о наличии инулина в обоих образцах исследуемого сырья. Было установлено, что содержание суммы фруктозанов, определенное спектрофотометрическим методом, в артишока соцветиях, заготовленных в Украине, составило 2,31 %, а заготовленных во Франции – 2,77 %. Содержание инулина, определенное ГХ хромато-масс-спектрофотометрическим методом, составило, соответственно, 119,30 и 147,60 мг/мл.

Выводы. С помощью реакции Молиша в обоих образцах артишока соцветий установлено наличие инулина. С помощью спектрофотометрического и ГХ хромато-масс-спектрофотометрического методов анализа в артишока соцветиях, заготовленных в Украине и Франции, определено количественное содержание инулина, которое составило в артишока соцветиях, заготовленных в Украине, 2,31 % и 119,30 мг/мл соответственно, в артишока соцветиях, заготовленных во Франции, – 2,77 % и 147,60 мг/мл соответственно. Полученные результаты позволяют считать сырье артишока украинского и французского происхождения взаимозаменяемым для получения биологически активных субстанций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: артишок посевной; инулин; спектрофотометрия; газовая хроматография.

A. I. Fedosov, V. S. Kyslychenko, O. M. Novosel
NATIONAL UNIVERSITY OF PHARMACY, KHARKIV

THE STUDY OF INULIN IN ARTICHOKE INFLORESCENCES COLLECTED IN UKRAINE AND IN FRANCE

Summary

Introduction. There are over 12 000 medicinal plants encountered nowadays which are a biogenetically formed complex of biologically active compounds (BAC) and are extensively used in scientific as well as folk medicine. The plants which are used as food products and contain a large number of biologically active compounds are of great importance. Artichoke (*Cynara scolymus L.*) from *Asteraceae* family belongs to the group of plants which due to the presence of different groups of BAC is widely used as cholagogue, hepatoprotective, diuretic, antisclerotic, anti-inflammatory, analgesic, hypoglycaemic agent. BAC of artichoke is represented by carbohydrates, hydroxycinnamic acids, flavonoids, essential oil etc.

The aim of the study – identification and determination of the quantitative content of inulin in the artichoke inflorescences collected in Ukraine and France.

Methods of the research. The presence of inulin in the studied plant material was confirmed using the Molisch's test. The quantitative content of inulin in the artichoke inflorescences was determined spectrophotometrically (method 1) and by the means of GC chromatography-mass-spectrometry method (method 2).

Results and Discussion. The appearance of the dark-violet coloring confirmed the presence of inulin in both samples of the studied plant material. The content of fructosanes' sum, determined spectrophotometrically, was found to be 2.31 % in the artichoke inflorescences collected in Ukraine, and 2.77 % in those collected in France. The content of inulin determined by the means of GC chromato-mass-spectrometry comprised 119.30 mg/ml and 147.60 mg/ml respectively.

Conclusions. The presence of inulin was confirmed using the Molisch's test in both samples of artichoke inflorescences. The content of inulin in the artichoke inflorescence collected in Ukraine and France was determined by the means of spectrophotometric and GC chromato-mass-spectrometric methods of analysis, and comprised 2.31 % and 119.30 mg/ml respectively in the artichoke inflorescences collected in Ukraine, and 2.77 % and 147.60 mg/ml respectively in the artichoke inflorescences collected in France. The obtained results allow considering the plant material of artichoke of Ukrainian and French origin interchangeable for the biologically active substances obtaining.

KEY WORDS: **artichoke; inulin; spectrophotometry; gas chromatography.**

Отримано 27.01.17

Адреса для листування: А. І. Федосов, Національний фармацевтичний університет, вул. Пушкінська, 53, Харків, 61002, Україна, e-mail: fedosov.a@ukr.net.