

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН ЯК АДСОРБЕНТІВ АРОМАТИЧНИХ РЕЧОВИН ЕФІРНИХ ОЛІЙ

Н. В. Чепель, О. В. Грек

STUDIES OF PECTIN SUBSTRATES AS THE ADSORBENTS OF AROMATIC COMPOUNDS OF ESSENTIAL OILS

N. Chepel, O. Grek

Обґрунтовано перспективність використання гуміарабіку як адсорбенту ароматичних речовин ефірних олій. Його адсорбційні властивості порівнювались з яблучним та буряковим пектинами, які довели високу селективність гуміарабіку. Встановлено динаміку адсорбції ароматичних речовин, що вказує на стабілізацію хімічного складу ефірної олії при нанесенні на гуміарабік без проведення їх попередньої детерпенізації та полегшує процес інкапсулювання.

Ключові слова: ефірна олія, інкапсулювання, ароматичні речовини, гуміарабік, яблучний та буряковий пектини, адсорбція.

This article presents the perspective of gum arabic as an adsorbent of aromatic compounds of essential oils. Its adsorption properties were compared with apple pectin and beet pectin which were more selective. The stabilization of chemical content of essential oils has been proven in applying the gum arabic.

Keywords: essential oils, encapsulation, aromatic compounds, gum arabic, apple pectin, beet pectin, adsorption.

1. Вступ

Одним із основних джерел підвищення якості та конкурентоспроможності харчової продукції є надання їй природних ароматичних властивостей з застосуванням ефірних олій. Їх безпосереднє використання у якості натуральних ароматизаторів характеризується нестійкістю при зберіганні та недостатньою розчинністю у водних та водно – спиртових розчинах [1]. Це пояснюється вмістом терпенових вуглеводнів, що швидко піддаються окисленню, полімеризації та ізомеризації, змінюючи основний напрямок аромату й надаючи небажаного присмаку [2]. З метою стабілізації хімічного складу ефірних олій проводять їх інкапсулювання, що передбачає утворення плівки навкруги краплин ефірної олії з одержанням сухого розчинного порошку або мікрокапсул [3]. Ефірну олію змішують з гідрофільним адсорбентом як захисним бар'єром – матрицею для утворення емульсії та піддають висушуванню [4]. Це дає змогу зберігати хімічну структуру ароматичних сполук різних органічних класів ефірних олій, зменшувати швидкість їх випаровування і контролювати швидкість виділення

при нанесенні на гідрофільні адсорбенти, що забезпечує подовження біологічної активності [5].

2. Постановка проблеми

Для інкапсулювання ефірних олій застосовують наступні гідрофільні адсорбенти: олігосахариди, модифіковані крохмалі з кукурудзи, рису й картоплі, альгінати тощо [6]. Ці адсорбенти показують стабільні емульгуючі властивості з ефірними оліям. Але, нажаль, вони можуть проявляти небажані побічні ефекти в харчових продуктах. Тому, сучасна наукова спільнота та виробники харчової продукції звертають особливу увагу за проведенням контролю щодо вибору гідрофільних адсорбентів. Перевага надається полімерам природнього походження. До них відносяться пектинові речовини як функціональний інгредієнт харчових продуктів. Вони покращують моторику шлунково-кишкового тракту; сприяють зниженню газоутворення; адсорбують жовчні кислоти; надають гіпохолестеринемічний і гіпоглікемічний ефекти; зв'язують та виводять з кишечника токсичні елементи, важкі метали, радіонукліди, органічні чужорідні речовини, що володіють канцерогенними властивостями [7, 8].

З другого боку, попередньо перед інкапсулюванням проводять підвищення стійкості ефірної олії за рахунок стабілізації окремих ароматичних сполук або реконструкції її хімічного складу перед утворенням емульсії.

Відомим способом стабілізації окремих ароматичних сполук ефірної олії в процесі інкапсулювання є використання циклодекстринів, що призводить до комплексоутворення з терпеновими сполуками ефірних олій, тим самим уникаючи процесів їх окислення, полімеризації та ізомеризації [9].

Реконструкція хімічного складу ефірних олій передбачає проведення детерпенізації – очищення від терпенових речовин [10]. Даний процес здійснюється дистиляцією з парою, але при цьому вихідною сировиною є не рослинна сировина, а ефірна олія. В результаті детерпенізації отримують дві фракції: перша – терпенова, друга – очищена ефірна олія, яку в подальшому застосовують в процесі інкапсулювання.

Для визначення особливостей процесу інкапсулювання ефірних олій першочергово необхідно встановити селективні адсорбційні властивості окремих гідрофільних адсорбентів щодо ароматичних речовин різних органічних класів, що входять до її складу. Ароматичні компоненти, які будуть адсорбуватися гідрофільними адсорбентами, визначають зміну ароматичного напрямку під дією окислення, полімеризації та ізомеризації, термін зберігання готового продукту.

Метою проведених досліджень було вибір окремих джерел пектинових речовин як адсорбентів ароматичних речовин ефірних олій та дослідження їх адсорбційних властивостей.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні наукові задачі:

- обґрунтування вибору окремих джерел пектинових речовин як адсорбентів ароматичних речовин ефірних олій;

- дослідження показників процесу адсорбції, що характеризують адсорбційні властивості обраних джерел пектинових речовин: насипної густини, питомої поверхні, питомого об'єму пор, середнього діаметру, адсорбційної здатності.
- визначення динаміки адсорбції ароматичних речовин окремих органічних класів ефірних олій.

3. Літературний огляд

Вибір джерел пектинових речовин як адсорбентів ароматичних речовин ефірних олій мав комплексний підхід, який поєднував основні вимоги до адсорбентів та безпечність їх застосування у харчовій промисловості. До даних вимог відносяться: висока адсорбційна селективність; хімічна інертність щодо ароматичних речовин; технологічність та екологічна безпечність використання. Пектинові речовини (грец. «*pectos*» – той, що згорнувся, застиглий) міститься тільки в рослинах і є компонентом клітинних стінок. Нерозчинні пектинові речовини, так звані протопектин, складають більшу частину міжклітинної маси та первинної стінки молодих рослинних клітин. Особливо багаті на протопектин тканини, клітин яких позбавлені вторинної стінки, наприклад, м'якоть плодів. Розчинних пектинових речовин більше за все міститься в соках рослин [11].

За хімічною будовою пектинові речовини є лінійними гетерополісахаридами, в яких основний ланцюг формують фрагменти α -D-галактуронової кислоти, з'єднані між собою O-(1,4)-глікозидними зв'язками. У малих кількостях зазвичай наявні фрагменти L-арабінози і D-галактози, рідше – L-рамнози, D-ксилози, L-фукози тощо [12].

Аналіз пектинових речовин дозволив обрати для вирішення зазначеної наукової проблеми представника класу смол – *гуміарабік* – як адсорбент, що є об'єктом зацікавленості науковців у напрямку інкапсулювання ефірних олій; два представника класу пектинів – *яблучний і буряковий пектин* – як найбільш розповсюджені у харчових технологіях.

Розгалужена структура гуміарабіку характеризує його технологічні властивості, що сприяють його широкому використанню в харчових технологіях: розчинність навіть за високих концентраціях, низьку в'язкість, високу стійкість в кислому середовищі, відсутність смаку і запаху, емульгуючу і стабілізуючу здатність [13].

Використання яблучного та бурякового пектинів дозволяє підвищити в'язкість готової продукції, забезпечити необхідну консистенцію, запобігти синерезису (старіння драглів), знівелювати вплив сировини низької якості на властивості готового продукту, отримати продукт з м'якою та ніжною консистенцією [14].

Внаслідок того, що пектини здатні зв'язуватись з багатьма біологічно активними речовинами, то нанесення ароматичних речовин природнього походження посилить оздоровчий ефект завдяки поєднанню фармакологічної дії цих речовин з дією гетерополісахаридів.

Ефірні олії являють собою суміш ароматичних речовин різних органічних класів. Найбільш поширеними складовими ефірних олій є терпени, сексвітерпени та їх кисневі похідні [1, 2, 15–17].

Терпени – це речовини, які є ненасиченими вуглеводнями із загальною формулою $C_{10}H_{16}$. Основним вуглеводнем, від якого утворюються багаточисленні терпени, є гомолог гексагідробензола – гексагідроцимол, так званий ментан.

Із моноциклічних терпенів (метадієнів) важливими є лімонен, фелландрен, терпінен. Всі вони оптично активні рідини, які мають кілька ізомерів.

В основі біциклічних терпенів покладено також ментан. Найбільш розповсюдженими з них є пінен, камфен, сабінен.

Сексвітерпени – це речовини, які є ненасиченими вуглеводнями із загальною формулою $C_{15}H_{24}$, рідше $C_{15}H_{26}$ або $C_{15}H_{22}$ та їх кисневі похідні. Із останніх, що мають у хімічній структурі відкритий ланцюг, розповсюджені наступні: фарнезол (первинний спирт) і неролідол (третинний спирт).

Моноциклічні сексвітерпени – басаболен, іцінгіберен – різняться тільки положенням подвійних зв'язків.

Значну кількість ароматичних речовин ефірних олій складають альдегіди і кетони. Із кетонів в ефірних оліях присутні карвон, дигідрокарвон, ментон, ірон.

Біциклічні терпени α – кадієн, β – каріофіллен містяться в ефірних оліях квітів та кори.

В ефірних оліях зустрічаються аліфатичні і моноциклічні терпенові спирти (кисневі похідні). Із усіх розповсюдженими є гераніол (первинний діетиловий спирт) та його ізомер нерол, ліналоол (третинний спирт).

Із моноциклічних терпенових спиртів відомі ментол, тимол, терпінеол, а із біциклічних – борнеол (похідний від камфари).

Із одноатомних фенолів в ефірних оліях міститься метилхавікол, а із багатоатомних фенолів – евгенол, що при окисненні перетворюється на ванілін і ванільну кислоту.

До групи ефірів входять багаточисельні представники як простих, так і складних ефірів. З простих ефірів типовим є анетол (4-метокси-1-пропенілбензол).

Отже, важливим аспектом при прогнозуванні процесу інкапсулювання є встановлення динаміки адсорбції ароматичних речовин окремих органічних класів ефірних олій, що показує спроможність адсорбенту щодо стабілізації хімічного складу ефірних олій.

4. Основна частина – дослідження пектинових речовин як адсорбентів ароматичних речовин ефірних олій

На першому етапі експериментальних досліджень для оцінки адсорбційних властивостей гуміарабіку, яблучного й бурякового пектинів щодо ароматичних речовин ефірних олій проводили визначення наступних показників, що характеризували процес адсорбції: насипної густини, питомої

поверхні, питомого об'єму пор, середнього діаметру, адсорбційної здатності. При дослідженнях застосовували модельну суміш (МС), до складу якої входили ароматичні речовини різних органічних класів та є досить розповсюджені за вмістом у ефірних оліях. Їх виділяли у чистому вигляді з ефірних олій препаративною газовою хроматографією і аналізували як на стандартній насадковій колонці аналітичної газової хроматографії (*дінонілфталат*), так і колонці з енантіоселективною нерухомою фазою (*Rt-βDEXsm*). Характеристика ароматичних речовин МС наведена в табл. 1.

Насипна густина адсорбентів характеризує відношення маси частинок до одиниці займаного ними об'єму з урахуванням об'єму пор і проміжків між частинками. Вона залежить від гранулометричного складу, форми частинок, способу їх виробництва, вологості та є змінною величиною. За насипною густиною оцінюють пористість адсорбентів, що вказує на селективність щодо утримування ароматичних речовин. Чим менші значення насипної густини, тим більшою пористістю характеризується адсорбент.

Таблиця 1

Характеристика ароматичних речовин модельної суміші

Назва ароматичної речовини	Хімічна формула	Хімічна назва	Молекулярна маса	Масова частка у МС, %
<i>α</i> -пінен	C ₁₀ H ₁₆	2,6,6-триметил-біцикло-[1, 1, 3]-гептен	136,23	4,74±0,23
мірцен	C ₁₀ H ₁₆	2-метил-6-метиленоктадієн-1,7	136,23	4,26±0,21
<i>β</i> -пінен	C ₁₀ H ₁₆	6,6-диметил-біцикло-[1, 1, 3]-гептен	136,23	2,47±0,12
<i>d</i> -лімонен	C ₁₀ H ₁₆	1-метил-4-ізопропенилциклогексан	136,24	5,76±0,24
цінеол	C ₁₀ H ₁₄	ізопропилтолуол	134,21	19,59±0,93
<i>β</i> -феландрен	C ₁₀ H ₁₆	<i>n</i> -метадієн-1	136,23	1,64±0,08
<i>l</i> -ліналоол	C ₁₀ H ₁₈ O	2,6-діметил-2,7-октадієн-6-ол	154,23	10,75±0,52
ліналілацетат	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	ацетат ліналоола	163,61	22,39±1,14
<i>d</i> -карвон	C ₁₀ H ₁₄ O	1-метил-4-ізопропенил-Δ ⁶ -циклогексен-2-ол	150,21	1,34±0,06

Для визначення насипної густини брали циліндр об'ємом 10 мл, у який насипали гуміарабіку до позначки 1 см³. Після чого зважували цей об'єм порошку на аналітичних вагах. Результати дослідження насипної густини гуміарабіку, яблучного й бурякового пектинів наведено на рис. 1, що вказують на високу пористість гуміарабіку порівняно з яблучним і буряковим пектинами.

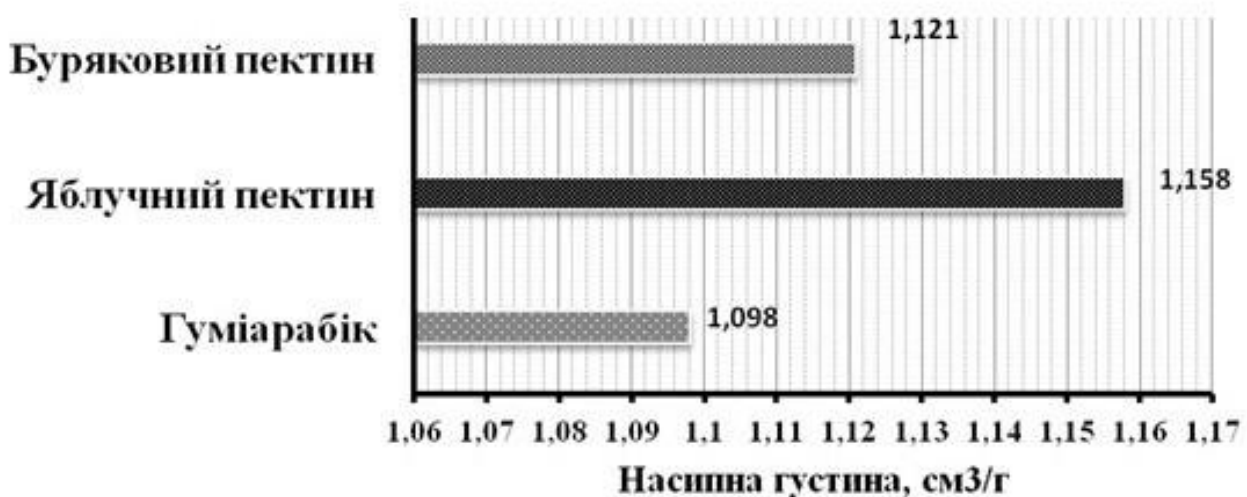


Рис. 1. Насипна густина гуміарабіку, яблучного й бурякового пектинів

Дослідні пектини відносяться до адсорбентів мезопористої структури, тобто спроможні утворювати водневі зв'язки з адсорбованою речовиною [18]. Тому подальшим кроком досліджень було визначення їх питомої поверхні, питомого об'єму пор, середнього діаметру пор, що характеризують розміри пор та швидкість перенесення ароматичних речовин до поверхні масообміну, на якій відбуваються процеси адсорбції і десорбції. Встановлення даних показників проводили за розробленою спеціальною методикою уловлювання ароматичних речовин на адсорбційній мікроустановці. Результати дослідження наведено у зведеній табл. 2.

Таблиця 2

Питома поверхня, питомий об'єм пор, середній діаметр пор гуміарабіку, яблучного й бурякового пектинів

Назва адсорбентів	Питома поверхня S , м ² /г	Питомий об'єм пор V , см ³ /г	Середній діаметр пор d_{50} , нм
Гуміарабік	1,70±0,085	0,033±0,002	4,5±0,26
Яблучний пектин	1,10±0,055	0,043±0,001	9,0±0,45
Буряковий пектин	1,40±0,070	0,05±0,002	10,3±0,48

Порівняльна характеристика даних таблиці 2 свідчить про те, що найменші значення питомого об'єму пор V й середнього діаметру пор d_{50} та найбільшу питому поверхню S має гуміарабік, що доводять його високу пористу структуру.

Наступним вагомим показником, що характеризує адсорбційні властивості дослідних адсорбентів, є адсорбційна здатність або маса речовини, яка поглинається одиницею маси адсорбенту в довільний момент часу. Вона залежить від концентрації адсорбованої речовини біля поверхні адсорбенту, загальної площі цієї поверхні, фізичних, хімічних та електричних властивостей адсорбованої речовини і адсорбенту, температурних умов та наявності інших домішок.

Для наукового експерименту п'ять наважок кожного дослідного адсорбенту масою по 1г поміщали у скляні хімічні стакани і заливали 2 мл МС. Кожну наважку витримували певні проміжки часу, зокрема: 5хв, 15хв, 30хв, 45хв і 60хв. Після витримання кожну наважку зважували. За даними експерименту встановили залежність маси дослідних адсорбентів від тривалості адсорбції ароматичних речовин ефірних олій, що показано на рис. 2. Згідно залежності гуміарабік поступово адсорбує ароматичні речовини МС протягом 30хв. В проміжку 30...47хв спостерігається стабільність утримування ароматичних речовин, а потім поступово проходить зменшення маси МС, що свідчить про процес десорбції ароматичних речовин. Швидкість вивільнення ароматичних речовин є незначною, чого не можна сказати про яблучний та буряковий пектини, де процес десорбції характеризуються швидким переходом ароматичних речовин знову у модельну суміш.

Проведений аналіз засвідчує той факт, що гуміарабік утворює більше водневих зв'язків з ароматичними сполуками ефірної олії на відміну від яблучного та бурякового пектинів, що пояснюється більшою його молекулярною масою. Чим більша молекулярна маса адсорбенту, тим більше число можливих водневих зв'язків з ароматичними речовинами утворюються під час процесу адсорбції. Це дає можливість краще їх зафіксувати і утримати на адсорбенті.

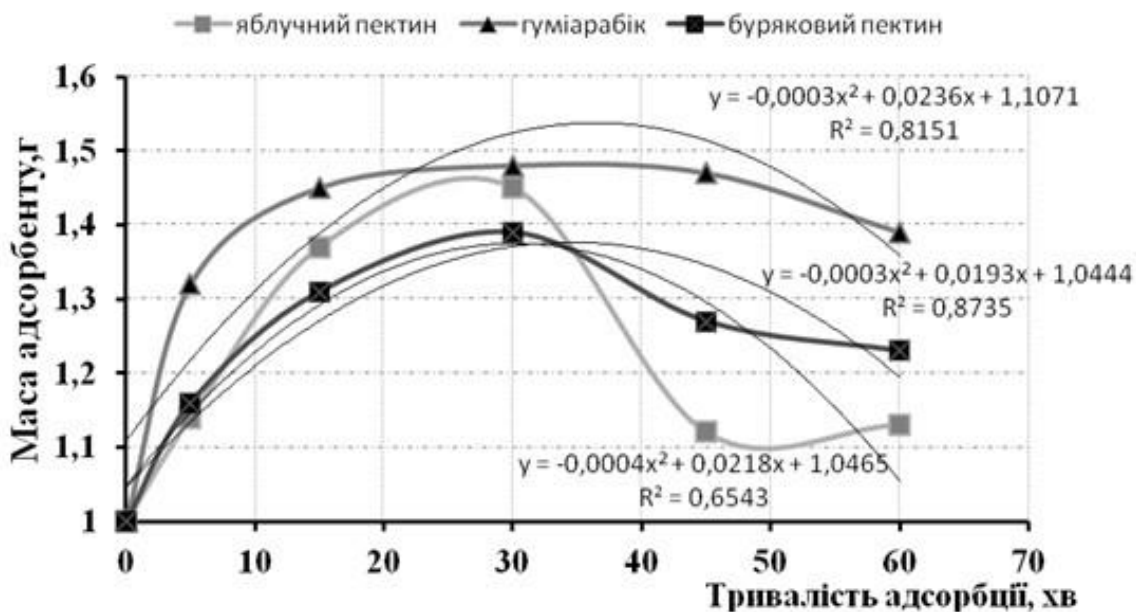


Рис. 2. Залежність маси дослідних адсорбентів від тривалості адсорбції ароматичних речовин ефірних олій

Отже, дослідження насипної густини, питомої поверхні, питомого об'єму пор, середнього діаметру, адсорбційної здатності гуміарабіку, яблучного й бурякового пектинів показали, що гуміарабік характеризується високими адсорбційними властивостями щодо ароматичних речовин ефірних олій порівняно з яблучним та буряковим пектинами.

При нанесенні ароматичних речовин на адсорбенти особливу увагу приділяють зміні компонентного складу ефірної олії у процесі інкапсулювання, що є визначальним показником щодо стабілізації хімічного складу ефірної олії. Зміна компонентного складу ефірної олії може проходити за рахунок хімічних перетворень ароматичних речовин, які відносяться до органічного класу терпенів, або адсорбцією ароматичних речовин у масових співвідношеннях відмінних від вихідних [11].

Тому важливим етапом досліджень було визначення динаміки адсорбції ароматичних речовин МС. Для вирішення даної наукової задачі було застосовано сучасний інструментальний метод – газова хроматографія. МС наносили на гуміарабік та витримували 5хв, 15хв, 30хв, 45хв, 60хв. У кожному дослідному зразку визначали компонентний склад, який характеризував зміну масових співвідношень усіх складових МС порівняно з контролем (МС). Результати досліджень зведено у табл. 4, які вказують на зміну масових співвідношень ароматичних речовин порівняно з вихідною МС.

Таблиця 4

Компонентний склад МС та дослідних зразків (МС з гуміарабіком)

Назва ароматичної речовини	Вміст ароматичних речовин, %					
	Контроль (МС)	Дослідні зразки (МС з гуміарабіком) за тривалістю витримання на гуміарабіку, хв				
		5	15	30	45	60
α -пінен	4,74±0,23	4,41±0,23	4,38±0,23	4,34±0,23	4,73±0,23	3,14±0,23
β -пінен	4,26±0,21	3,74±0,21	3,49±0,21	3,04±0,21	4,22±0,21	3,39±0,21
мірцен	2,47±0,12	2,44±0,12	2,51±0,12	2,44±0,12	2,51±0,12	2,57±0,12
<i>d</i> -лімонен	5,76±0,24	5,55±0,12	5,55±0,12	5,30±0,12	5,97±0,12	5,65±0,12
цінеол	19,59±0,93	20,46±0,12	21,74±0,12	21,62±0,12	18,32±0,12	21,42±0,12
β -феллалдрен	1,64±0,08	1,41±0,08	1,43±0,08	1,50±0,08	1,56±0,08	1,33±0,08
<i>l</i> -ліналоол	10,75±0,52	10,24±0,52	10,11±0,52	10,48±0,52	11,35±0,52	10,88±0,52
ліналілацетат	22,39±1,14	22,70±1,14	22,41±1,14	22,20±1,14	23,17±1,14	22,95±1,14
<i>d</i> -карвон	1,34±0,06	1,32±0,06	1,20±0,06	1,19±0,06	1,10±0,06	1,42±0,06

Проведені газохроматографічні дослідження щодо динаміки адсорбції ароматичних речовин різних органічних класів показали низьку адсорбційну здатність гуміарабіку щодо органічного класу терпенів (α -пінен, β -пінен,

мірцен, *d*-лімонен, цінеол, β -феллалдрен) і, навпаки, високу – щодо органічного класу кисневих похідних терпенів (*l*-ліналоол, ліналілацетат, *d*-карвон).

Динаміка адсорбції ароматичних речовин різних органічних класів гуміарабіком засвідчила стабілізацію хімічного складу ефірної олії без проведення попередньої детерпенізації ефірних олій, що суттєво полегшує процес інкапсулювання.

5. Апробація результатів досліджень

Результати досліджень можуть бути використані у технології сухих натуральних ароматизаторів на основі гуміарабіку та ефірних олій.

Перевагами сухих натуральних ароматизаторів за представленими науковими дослідженнями є:

- вміст ароматичних компонентів рослинного походження, що відомі своїми фармакологічними властивостями;
- довготривалий термін зберігання натуральних ароматизаторів;
- висока інтенсивність аромату, що суттєво знижує рекомендовані норми застосування сухих ароматизаторів у харчових продуктах;
- розширення асортименту харчових продуктів на натуральній основі.

Сухі натуральні ароматизатори на основі гуміарабіку та ефірних олій мають широкий спектр застосування у харчових виробництвах, зокрема: ферментованих та безалкогольних напоїв, кондитерських виробів, молочних продуктів, м'ясних продуктів, рибних продуктів, харчових концентратів, соусів, кетчупів, майонезу.

6. Висновки

На підставі одержаних експериментальних даних щодо дослідження пектинових речовин як адсорбентів ароматичних речовин ефірних олій можна зробити наступні висновки:

1. Обґрунтовано перспективність використання гуміарабіку як адсорбенту ароматичних речовин ефірних олій.

2. Значення насипної густини, питомої поверхні, питомого об'єму пор, середнього діаметру, адсорбційної здатності засвідчили високі адсорбційні властивості гуміарабіку щодо ароматичних речовин ефірних олій порівняно з яблучним та буряковим пектинами.

3. Встановлена динаміка адсорбції ароматичних речовин різних органічних класів показала низьку адсорбційну здатність гуміарабіку щодо органічного класу терпенів і, навпаки, високу – щодо органічного класу кисневих похідних терпенів.

4. Доведено стабілізацію хімічного складу ефірних олій при нанесенні на гуміарабік без проведення їх попередньої детерпенізації, що суттєво полегшує процес інкапсулювання.

Література

1. Baser, K. Handbook of Essential Oils – science, technology and applications [Text] / K. Baser Can, G. Buchbauer // CRC Press, 2010 – 994 p.
2. Hui, Y. Handbook of fruit and vegetable flavors [Text] / Y. Hui // A John Wiley and Sons, 2010. – 1117 p.
3. Patent № CA 2438516 USA. A61K8/11, C11D17/00C, A61K8/73F, C11D17/00D, A61K8/73, C11D3/50B2, A61K8/97, A61Q13/00, A23L1/00P4, C11D3/22B, C11D3/22E, C11D9/44B, A23L1/22B. Encapsulation of flavour and/or fragrance composition [Text] / McIver B. – № CA2438516 A1 filling 16.02.2001; publishing 29.08.2002.
4. Патент № 2347608 Российская Федерация, МПК⁷ B01J 13/16, A01N 25/28, C11B 9/00, C11D 17/08. Инкапсулированные эфирные масла [Текст] / Линдер Чарльз, Маркус Ари; заказчик и патентовладелец Бен-гурион университет оф дзе негев ресерч энд дивелопмент оторити. – № 2005138511/04 заявл.10.06.2006; опубл.27.02.2009, Бюл.№6.
5. Granato, D. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts and products [Text] / D. Granato, G. F. Branco, F. Nazzaro, A. G. Cruz, J. A. F. Faria // Comp Rev Food Sci Food Saf. – 2010. – Vol. 9, Issue 3. – P. 292–302. doi 10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x
6. Adriano, G. Cruz. Sensory Analysis: Relevance for Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Product Development [Text] / G. Cruz Adriano, Rafael S. Cadena, Eduardo H. M. Walter, Amir M. Mortazavian, Daniel Granato, José A.F. Faria, Helena M.A. Bolini // Comp Rev Food Sci Food Saf. – 2010. – № 9. – P. 358–373. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00115.x
7. Berry, J. D. Lifetime risks of cardiovascular disease [Text] / J. D. Berry, A. Dyer, X. Cai, D. B. Garside, H. Ning, A. Thomas, D. M. Lloyd-Jones // N Engl J Med. – 2012. – Vol. 232, Issue 4. – P. 346–360. doi:10.1056/nejmoa1012848
8. Ford, E. S. Healthy living is the best revenge: findings from the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition-Potsdam study [Text] / E. S. Ford, M. M. Bergmann, J. Kröger // Arch Intern Med. – 2009. – Vol. 169, №15. – P. 1355–1361. doi: 10.1001/archinternmed.2009.237
9. Madene, A. Flavour encapsulation and controlled release – a review [Text] / A. Madene, M. Jacquot, J. Scher, S. Desobry // International Journal of Food Science and Technology. – 2006. – Vol. 41, №1. – P. 1–21. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x
10. Oman, M. Application of supercritical fluid extraction for the separation of nutraceuticals and other phytochemicals from plant material [Text] / M. Oman, M. Škerget, K. Željko // Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. – 2013. – Vol. 32, №2. – P. 183–226.
11. Донченко, Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов [Текст] / Л. В. Донченко. – М.: ДеЛи, 2000. – 256 с.
12. Martin, A. M. Hydrodynamic Properties of Whole Arabic Gum [Text] / Martin A. Masuelli // American Journal of Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 1 (3). – P. 60–66.

13. Chandraju, S. Isolation of simple sugar from a hydro colloid: gum arabic [Text] / S. Chandraju, R. Mythily, C. S. Chidan Kumar // *Recent Research in Science and Technology*. – 2012. – Vol. 4 (11). – P. 34–36.
14. Castro, F. P. Effect of oligofructose incorporation on the properties of fermented probiotic lactic beverages [Text] / F. P. Castro, T. M. Cunha, P. L. M. Barreto, R. D. M. Camboni, E. S Prudencio // *Int J Dairy Technol*. –2008. – Vol. 62.– P. 68–74. doi: 10.1111/j.1471-0307.2008.00447.x
15. Майо, П. де. Терпеноиды [Текст] / П. де Майо; пер. с англ. Л. Звановская. – М.: Издательство иностранной литературы, 1993. – 494 с.
16. Войткевич, С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии [Text] / С. А. Войткевич. – М.: Пищевая промышленность, 1999. – 282 с.
17. Glyn, P. Handbook of hydrocolloids (2nd edition) [Text] / P. Glyn, P. Williams. – Woodhead Publishing LTD, 2009. – 948 p.

References

1. Baser, K., Buchbauer, G. (2010). Handbook of Essential Oils - science, technology and applications. CRC Press, 994.
2. Hui, Y. (2010). Handbook of fruit and vegetable flavors. A John wiley and sons, 1117.
3. McIver, B. (29.08.2002). Patent № CA 2438516 USA. A61K8/11, C11D17/00C, A61K8/73F, C11D17/00D, A61K8/73, C11D3/50B2, A61K8/97, A61Q13/00, A23L1/00P4, C11D3/22B, C11D3/22E, C11D9/44B, A23L1/22B. Encapsulation of flavour and/or fragrance composition. № CA2438516 A1 filling 16.02.2001.
4. Charles, L., Marcus, A. (27.02.2009). Patent № 2347608 Russian Federation. B01J 13/16, A01N 25/28, C11B 9/00, C11D 17/08. Encapsulation of essential oils. № 2005138511/04 filling 10.06.2006.
5. Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G., Faria, J. A. F. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts and products. *Comp Rev Food Sci Food Saf*. 9(3), 292–302. doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x
6. Cruz, A. G., Cadena, R. S., Walter, E. H. M., Mortazavian, A. M., Granato, D., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A. (2010). Sensory Analysis: Relevance for Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Product Development. *Food Science and Technology*, 9 (4), 358–373. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00115.x
7. Berry, J. D., Dyer, A., Cai, X., Garside, D. B., Ning, H., Thomas, A., Lloyd-Jones, D. M. (2012). Lifetime Risks of Cardiovascular Disease. *N Engl J Med*, 366 (4), 321–329. doi:10.1056/nejmoa1012848
8. Ford, E. S., Bergmann, M. M., Kröger, J. et al. (2009). Healthy living is the best revenge: findings from the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition-Potsdam study. *Arch Intern Med*. 169 (15), 1355-1361. doi: 10.1001/archinternmed.2009.237
9. Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 41(1), 1-21. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x
10. Oman, M., Škerget, M., Željko, K. (2013). Application of supercritical fluid extraction for the separation of nutraceuticals and other phytochemicals from

plant material. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 32(2), 183–226.

11. Donchenko, L. V. (2000). *Technology of pectin and pectin products* / L.V. Donchenko. Moscow: DeLi, 256.

12. Martin, A. M. (2013). Hydrodynamic Properties of Whole Arabic Gum. *American Journal of Food Science and Technology*.1 (3), 60–66.

13. Chandrajou, S. R., Mythily, C. S., Kumar, C. (2012). Isolation of simple sugar from a hydro colloid: gum arabic. *Recent Research in Science and Technology*. 4 (11), 34–36.

14. Castro, F. P., Cunha, T. M., Barreto, P. L. M., Camboni, R. D. M., Prudencio, E. S. (2008). Effect of oligofructose incorporation on the properties of fermented probiotic lactic beverages. *Int J Dairy Technol.*62, 68–74. doi: 10.1111/j.1471-0307.2008.00447.x

15. Mayo, P. D. (1993). *Terpenoids*. Moscow: Publishing house foreign literature, 494.

16. Vojtkevich, S. A. (1999). *Essential oils for perfumes and aromatherapy*. Moscow: Food industry, 282.

17. Glyn, P. *Handbook of hydrocolloids* (2nd edition). (2009). Woodhead Publishing LTD, 948.

Чепель Наталія Василівна

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра технології молока і молочних продуктів

Національний університет харчових технологій

вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

Контактний тел. 050-351-40-96

E-mail: natachepel@yandex.ru

Natalia Chepel

Candidate of engineering, docent

Department of technology of milk and dairy product

National University of Food Technology

68, str. Volodimirskaya, Kyiv, Ukraine, 03680

Contact tel. 050-351-40-96

E-mail: natachepel@yandex.ru

Грек Олена Вікторівна

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра технології молока і молочних продуктів

Національний університет харчових технологій

вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

Контактний тел. 067-962-98-44

E-mail: olena_krasulya@ukr.net

Grek Olena

Candidate of engineering, docent
Department of technology of milk and dairy product
National University of Food Technology
68, str. Volodimirskaya, Kyiv, Ukraine, 03680
Contact tel. 067-962-98-44
E-mail: olena_krasulya@ukr.net <mailto:natachepel@yandex.ru>

Адрес для почтовой отправки журнала:

03110, м. Київ – 110
вул. Волгоградська б.37, кв. 122
Чепель Наталія Василівна

Рубрика – технічні науки

Рекомендовано до публікації докт. техн. Наук ЦИГАНКОВИМ СЕРГІЄМ ПЕТРОВИЧЕМ. Дата надходження рукопису 5 липня 2014р.