

УДК 613.9:664.5

РОЗРОБЛЕННЯ АРОМАТИЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ З ЕФІРНОЇ ОЛІЇ ШАВЛІЇ МУСКАТНОЇ ДЛЯ ІНКАПСУЛЮВАННЯ ГУМІАРАБІКОМ

Н. В. Чепель

РАЗРАБАТЫВАНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ ЭФИРНОГО МАСЛА ШАЛФЕЯ МУСКАТНОГО ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ ГУММИАРАБИКОМ

Н. В. Чепель

DEVELOPMENT OF AROMATIC COMPOSITIONS FROM SALVIA SCLAREA ESSENTIAL OIL FOR ENCAPSULATION BY GUM ARABIC

N. Chepel

При розробленні ароматичних композицій з ефірної олії шавлії мускатної (Salvia sclarea) для інкапсулювання гуміарабіком проводили визначення динаміки адсорбції органічних класів ароматичних речовин та розділення ефірної олії на заплановані фракції з відмінними ароматичними властивостями вакуумною ректифікацією. Для встановлення масових співвідношень фракцій у ароматичних композиціях застосовували симплекс-метод математичного моделювання.

Ключові слова: ароматичні композиції, ефірна олія шавлії мускатної, гуміарабік, сухі ароматизатори.

При разрабатывании ароматических композиций из эфирного масла шалфея мускатного (Salvia sclarea) для инкапсулирования гуммиарабином устанавливали динамику адсорбции органических классов ароматических веществ, разделяли эфирное масло на запланированные фракции с различными ароматическими свойствами вакуумной ректификацией. Для определения массовых соотношений фракций в ароматических композициях использовали симплекс-метод математического моделирования.

Ключевые слова: ароматические композиции, эфирное масло шалфея мускатного, гуммиарабик, сухие ароматизаторы.

1. Вступ

У харчовій промисловості поширеного використання набули сухі ароматизатори. Їх основними перевагами вважається: простота внесення у харчову основу, висока розчинність у водно-спиртових сумішах, низька ціна порівняно з іншими видами ароматизаторів.

Нажаль, асортимент сухих харчових ароматизаторів, представлений на світовому ринку, у тому числі й в Україні, має штучне походження. Штучні

ароматизатори й досі до кінця не вивчені щодо їх фізіологічного впливу на людський організм.

У багатьох країнах світу одним з елементів будь-якої національної системи продовольчої безпеки поряд з наявністю необхідного обсягу виробництва та рівня споживання харчових продуктів є забезпечення їх якості і відповідності вимогам безпеки. Невід'ємною частиною продовольчої безпеки є безпека харчової сировини та добавок. Вагомими критеріями використання харчових добавок, крім технологічної обґрунтованості, є їх фізіологічний вплив на організм людини [1, 2]. Так, застосування харчових ароматизаторів сприяє покращенню споживчих властивостей, розширенню, оновленню асортименту й нарощуванню обсягів виробництва харчових продуктів [3]. Проте, незважаючи на позитивні сторони застосування ароматизаторів і безперечну економічну доцільність, вони входять до переліку потенційно небезпечних видів інгредієнтів [4].

Для оцінки безпеки харчових ароматизаторів потрібно, в першу чергу, володіти характеристикою щодо хімічного складу, природи використаної сировини та методів їх виробництва [5].

З метою забезпечення безпеки ароматизаторів розроблений регламентований перелік безпечних ароматичних компонентів та визначені їх гранично допустимі концентрації або максимально допустимий вміст у готовому харчовому продукті згідно Європейського Регламенту № 1334/2008 [6].

Також існують певні вимоги щодо застосування ароматичних речовин з природних джерел, які встановлені асоціацією *The European Flavour and Fragrance Association Code of Practice (EFFA CoP)* [7].

Отже, очевидною необхідністю є розроблення сухих натуральних ароматизаторів з безпечної природної сировини та нових технологічних рішень щодо їх виробництва. Це дозволить розвинути виробництво натуральних ароматизаторів та розширити асортимент функціональних харчових продуктів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для одержання сухих натуральних ароматизаторів високої якості та безпечності необхідно, в першу чергу, ретельно обирати сировинну базу як джерела ароматичних речовин, так і їх адсорбентів – твердих носіїв.

Перспективним науковим напрямком харчової промисловості є розробка ароматичних композицій природнього походження. Використання натуральних ароматичних композицій із злагодженим та гармонійним ароматом та заданим вмістом біологічно активних сполук додає харчовим продуктам статусу функціональних продуктів [8]. Джерелом природних ароматичних речовин різних органічних класів (терпенів, сексвітерпенів та їх кисневих похідних) слугують, в першу чергу, ефірні олії [9]. Проте їх застосування має певні недоліки через відсутність стабільних характеристик; окислювання при зберіганні, що надає небажаного присмаку; руйнування хімічної структури ароматичних речовин при високому температурному обробленні [10].

З метою стабілізації хімічного складу ефірних олій проводять їх інкапсулювання, що передбачає нанесення на гідрофільні адсорбенти та утворення плівки навкруги краплин ефірної олії з одержанням сухого розчинного порошку або мікрокапсул [11]. 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 [12].

Сучасна наукова спільнота та виробники харчової продукції звертають особливу увагу 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 [13, 14].

Для розроблення ароматичних композицій на основі однієї ефірної олії із злагодженим та гармонійним ароматом проводили аналіз ефірних олій та визначали перспективність їх використання, оцінюючи за певними вимогами: поширеність, доступність та досвід використання в харчових технологіях, компонентний склад, фізіологічна спрямованість. Було обрано ефірну олію шавлії мускатної (*Salvia sclarea*), яка відповідала вищезазначеним вимогам.

Поширене її використання у харчовій промисловості при виробництві безалкогольних напоїв, лікєро-горілчаных та кондитерських виробів для надання їм мускатного вишуканого аромату. У виноробстві вона сприяє моделюванню букету витриманих вин та корекції аромату сухих вин [15].

До складу ефірної олії (*Salvia sclarea*) входять ароматичні речовини, які відносяться до різних органічних класів (монотерпени, сексвітерпени, монотерпіноли, сексвітерпіноли, ефіри, феноли, оксиди, кетони, альдегіди, кумарини), що характеризуються різноманітними напрямками аромату [16]. Це дозволяє проводити реконструкцію її хімічного складу, розділяти з застосуванням фізичних методів, одержуючи складові ароматичних композицій.

Ефірна олія шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) не містить алергенних речовин, які перераховані у вимогах асоціації *The European Flavour and Fragrance Association Code of Practice (EFFA CoP)* відносно застосування ароматичних речовин з природних джерел, що вказує на її перевагу серед багатьох інших [7].

Фармакологічні властивості ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) визначаються комплексною функціональною дією всіх її ароматичних речовин на організм людини, які характеризуються наступним оздоровчим ефектом: володіє антиокислювальною дією; використовується для профілактики простудних захворювань; підвищує розумову і фізичну працездатність, активуючи діяльність головного мозку; очищає і стимулює кровоносну

систему; надає канцерозахисну дію на початковій стадії процесу; виводить комплекси з катіонами свинцю; підвищує неспецифічний захист, проявляючи імуномодельную активність [17].

Вибір джерел пектинових речовин як твердих носіїв 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.

Аналіз пектинових речовин дозволив виділити *гуміарабік* у якості твердого носія, що є об'єктом зацікавленості науковців у напрямку інкапсулювання ефірних олій [18].

Гуміарабік являє собою натуральне розчинне харчове волокно, що видобувають шляхом очищення смоли деяких видів акацій. Цей інгредієнт не містить генетично-модифікованих компонентів, хімічних домішків і тому, безпечний для здоров'я [19].

Гуміарабік є полісахаридом з арабіногалактоновою структурою, яка складається з мономерів *D*-галактози, зв'язаних $-(1,3)$ -глікозидним зв'язком з численними розгалуженнями, що містять α - або β -галактози та інших цукрів або уонових кислот [20]. Така розгалужена структура 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, емульгуючі і стабілізуючі здатність.

Внаслідок того, що полісахариди смоли акації здатні зв'язуватись з багатьма біологічно активними речовинами, то нанесення ароматичних речовин природнього походження посилить оздоровчий ефект сухого ароматизатору завдяки поєднанню фармакологічної дії цих речовин з дією полісахаридів гуміарабіку. Позитивний вплив гуміарабіку на організм людини виявляється у регулюванні роботи шлунку з підтримкою нормальної мікрофлори кишково-шлункового тракту; зменшенні кількості глюкози і холестерину в крові, підвищенні кислотності вмісту прямої кишки. Він не розщеплюється ферментами травної системи людини і надходить до товстого кишечника, де ферментується ендogenous мікрофлорою, стимулює ріст біфідо- і лактобактерій, тобто проявляє пребіотичну дію [21-23].

Отже, об'єктами досліджень було обрано ефірну олію шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) як джерело ароматичних речовин та гуміарабік як твердий носій для їх нанесення.

Вагомим аспектом при оцінці якості натуральних ароматизаторів є злагодженість та гармонійність аромату, що характеризується поєднанням основного ароматичного напрямку з різними іншими тонами аромату, утворюючи його своєрідність. Дана своєрідність або сумарна особливість аромату як гармонія складного одного цілого називається *букетом* ароматичної композиції, якому відповідають певні масові співвідношення ароматичних речовин [24]. При нанесенні ароматичної композиції на твердий носій можлива

втрата даної гармонійності і злагодженості або утворення небажаного ароматичного напрямку завдяки зміні масових співвідношень ароматичних речовин. Ця зміна проходить за рахунок адсорбцією ароматичних речовин у масових співвідношеннях відмінних від вихідних.

3. Мета і задачі дослідження

Метою проведених досліджень було розроблення ароматичних композицій з ефірної олії шавлії мускатної для інкапсулювання гуміарабіком в залежності від його адсорбційних властивостей щодо ароматичних речовин окремих органічних класів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні наукові задачі:

- ✓ дослідження адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів за газовою хроматографією;
- ✓ розділення ефірної олії шавлії мускатної на заплановані фракції за ароматичними і стабільними характеристиками вакуумною ректифікацією;
- ✓ конструювання ароматичних композицій з фракцій ефірної олії шавлії мускатної із злагодженим та гармонійним ароматом в залежності від адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів.

4. Розроблення ароматичних композицій з ефірної олії шавлії мускатної для інкапсулювання гуміарабіком в залежності від його адсорбційних властивостей щодо ароматичних речовин окремих органічних класів

Для розроблення ароматичних композицій з ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) з метою інкапсулювання гуміарабіком необхідно визначити адсорбційні властивості гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів, зокрема терпенів та їх кисневих похідних, і виділити заплановані фракції ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) з вмістом ароматичних компонентів, що максимально адсорбуються гуміарабіком. При створенні (конструюванні) ароматичних композицій із злагодженим та гармонійним ароматом потрібно встановити масові співвідношення отриманих фракцій, що забезпечуватимуть стабільність ароматичного напрямку при інкапсулюванні гуміарабіком.

4. 1. Дослідження адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів

На першому етапі досліджень для оцінки адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів ефірних олій проводили визначення динаміки адсорбції ароматичних речовин модельної суміші (МС). До її складу входили ароматичні речовини різних органічних класів, що є досить розповсюджені за вмістом у ефірних оліях: моноциклічні (*d*-лімонен, цінеол, β -феллалдрен), біциклічні (α -пінен, β -пінен), ациклічний

(мірцен) терпени; їх кисневі похідні: терпеновий спирт (ліналоол), складний ефір (ліналілацетат), кетон (*d*-карвон). Для вирішення даної наукової задачі було застосовано сучасний інструментальний метод – газорідинна хроматографія – за наступних умов аналізу: нерухома фаза – дінонілфталат; газ-носії – азот; початкова температура колонки – 100 °С, кінцева температура колонки температура колонки 140 °С, швидкість нагріву – 6 °С/хв, температура інжектора – 150 °С, температура детектора – 200 °С; витрати: газу-носія через колонку – 33 мл/хв, водню – 33 мл/хв, повітря – 330 мл/хв; тип детектора - полум'яно – іонізаційний.

МС наносили на гуміарабік та витримували 5хв, 15хв, 30хв, 45хв, 60хв, отримуючи емульсію. У МС та кожному дослідному зразку визначали компонентний склад, який характеризував масову частку усіх ароматичних речовин МС. Зміна масових часток ароматичних речовин у дослідних зразках в залежності від тривалості витримування на гуміарабіку порівняно з вихідною МС показала динаміку адсорбції ароматичних речовин окремих органічних класів. Результати досліджень зведено у табл. 1, які вказують на зміну масових часток ароматичних речовин при адсорбції гуміарабіком в залежності від тривалості витримування.

Таблиця 1

Компонентний склад МС та дослідних зразків (МС з гуміарабіком)

Назва ароматичної речовини	Вміст ароматичних речовин, %					
	Контроль (МС)	Дослідні зразки (МС з гуміарабіком) за тривалістю витримування 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	4,23±0,23	3,14±0,23
β -пінен	4,26±0,21	3,74±0,21	3,49±0,21	3,22±0,21	3,12±0,21	3,09±0,21
мірцен	2,47±0,12	2,44±0,12	2,41±0,12	2,34±0,12	2,21±0,12	2,07±0,12
<i>d</i> -лімонен	5,76±0,22	5,55±0,22	5,45±0,22	5,30±0,22	5,17±0,22	5,05±0,22
цінеол	19,59±0,93	19,46±0,93	19,34±0,93	19,22±0,93	19,19±0,93	19,02±0,93
β -феллалдрен	1,64±0,08	1,50±0,08	1,43±0,08	1,41±0,08	1,36±0,08	1,33±0,08
<i>l</i> -ліналоол	10,75±0,52	10,44±0,52	10,51±0,52	10,58±0,52	11,65±0,52	10,74±0,52
ліналілацетат	22,39±1,14	22,11±1,14	22,17±1,14	22,20±1,14	22,27±1,14	22,38±1,14
<i>d</i> -карвон	1,34±0,06	1,17±0,06	1,22±0,06	1,26±0,06	1,30±0,06	1,34±0,06

Дані табл.1 засвідчили, що кисневі похідні терпенів (*l*-ліналоол, ліналілацетат, *d*-карвон) поступово адсорбуються гуміарабіком протягом 60хв і утримуються їм, що вказує на утворення водневих зв'язків між ними. Моноциклічні, біциклічні і ациклічні терпени швидко адсорбуються протягом 5хв, але потім проходить різке зменшення їх масових часток після 15хв витримання, що свідчить про зворотній процес десорбції цих ароматичних речовин. Швидкість переходом терпенів знову у МС є значною, що призводить до зміни масових часток ароматичних речовин порівняно з вихідною МС і суттєво порушує злагодженість та гармонійність початкового ароматичного напрямку.

Отже, проведені газохроматографічні дослідження щодо динаміки адсорбції ароматичних речовин різних органічних класів засвідчили низьку адсорбційну здатність гуміарабіку щодо органічного класу терпенів (α -пінен, β -пінен, мірцен, *d*-лімонен, цінеол, β -феллалдрен) і, навпаки, високу – щодо органічних класів кисневих похідних терпенів (*l*-ліналоол, ліналілацетат, *d*-карвон).

Одержані результати дослідження адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів засвідчили, що для розроблення ароматичних композицій з ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) для інкапсулювання гуміарабіком необхідно провести її розділення на заздалегідь заплановані фракції, які б забезпечували низький вміст терпенів, стабільність ароматичних напрямків та їх відмінність.

Для досягнення даної мети застосовували фізичний метод – вакуумної ректифікації, який мав наступні переваги поміж існуючих: відсутність хімічних реакцій, що можуть змінити ароматичний склад фракцій; відносно низькі температури проведення процесу, що виключають ізомеризацію і полімеризацію терпенів; висока продуктивність, що забезпечує одержання фракції ефірних олій, збагачених ключовим компонентом за запланованими ароматичними та стабільними характеристиками.

4. 2. Розділення ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) на заплановані фракції за ароматичними і стабільними характеристиками вакуумною ректифікацією

Для можливості варіювання за виділенням фракцій дослідної ефірної олії в залежності від запланованих ароматичних та стабільних характеристик було розроблено комплексний підхід щодо визначення параметрів вакуумної ректифікації, який базувався на даних її компонентного складу та фундаментальних законах перегонки.

Згідно цього наукового рішення ефірну олію шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) умовно розділили на суму бінарних систем за ключовими компонентами з запланованими ароматичними та стабільними характеристиками, попередньо дослідивши її компонентний склад за газорідинною хроматографією. Ароматичні характеристики визначались за напрямком аромату ключового компоненту, а стабільні характеристики

забезпечувались низьким вмістом або відсутністю терпенів у запланованих фракціях.

Це дало можливість спланувати орієнтовний склад фракцій та встановити параметри вакуумної ректифікації ефірної олії для одержання запланованих фракцій за наступними етапами розробленого комплексного підходу:

1) встановлення залежності відносної леткості α від атмосферного тиску для кожного компоненту ефірної олії;

2) вибір відносної леткості α та атмосферного тиску для ключових компонентів бінарних систем за встановленою залежністю, при яких значення відносної леткості α є значні та відповідають максимальному розділенню даної бінарної системи;

3) визначення мінімального значення числа ступеню розділення n_{min} ;

4) встановлення мінімального флегмового числа V_{min} для кожної бінарної системи, при яких проходить відбір фракції, максимально збагаченого ключовим компонентом.

Газохроматографічні дослідження ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) вказують на те, що дана ефірна олія є багатокомпонентною системою, яку можна розглядати як суму таких бінарних систем: цінеол – мірцен, мірцен – *l*-ліналоол, *l*-ліналоол – ліналілацетат, ліналілацетат – гераніол. За вищевказаними етапами були розраховані теоретичні параметри вакуумної ректифікації ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*). Проведення експерименту дозволило скорегувати робочі режими відбору запланованих фракцій та визначити зміну їх ароматичних характеристик в залежності від меж кількісного відбору (табл. 2,3).

Таблиця 2

Робочі режими вакуумної ректифікації ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*)

Етапи вакуумної ректифікації	Температура, °C		Тиск, кПа	Флегмове число $V_{min,одн}$	Мінімальне число теоретичних тарілок $n_{min, одн}$	Масова частка, %
	кубу	пари				
Цінеол – мірцен	70...74	17...19	5,28 ±0,04	5,40±0,05	2,6±0,02	1,63 ±0,02
Мірцен – <i>l</i> -ліналоол	76...90	20...23	2,64 ±0,3	4,15±0,03	2,8±0,02	26,34 ±0,3
<i>l</i> -ліналоол – ліналілацетат	95...102	34...45	1,32 ±0,10	6,70±0,06	2,9±0,02	61,86 ±0,4
Ліналілацетат – гераніол	139...147	80...86	1,32 ±0,10	8,40±0,07	14,5±0,15	1,17 ±0,01
Втрати	–	–	–	–	–	3,16±0,03

Таблиця 3

Зміна ароматичних характеристик фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*)

Номер фракцій	Межі кількісного відбору, %	Напрямок аромату
Фракція 1	до $5,2 \pm 0,03$	Різкий трав'яний аромат
	від $5,2 \pm 0,03$ до $5,45 \pm 0,03$	Гармонійний трав'яний аромат з камфорними відтінками
	від $5,45 \pm 0,03$	Різкий камфорний аромат
Фракція 2	до $33,72 \pm 0,02$	Квітковий аромат з неприємними камфорними відтінками
	від $33,72 \pm 0,02$ до $33,93 \pm 0,02$	Гармонійний квітковий аромат
	від $33,93 \pm 0,02$	Насичений квітковий аромат
Фракція 3	до $57,8 \pm 0,03$	Різкий квітковий аромат
	від $57,8 \pm 0,03$ до $58,2 \pm 0,03$	Гармонійне поєднання квіткових відтінків
	від $58,2 \pm 0,03$	Різкий мускатний аромат
Фракція 4	до $2,15 \pm 0,01$	Різкий аромат польових квітів
	від $2,15 \pm 0,01$ до $2,42 \pm 0,01$	Гармонійне поєднання аромату польових квітів з мускатними відтінками
	від $2,42 \pm 0,01$	Різкий аромат троянди

Результати даних досліджень (табл. 2,3) засвідчили можливість одержання фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) за заздалегідь запланованими бінарними системами та варіювання за виділенням фракцій різних ароматичних характеристик в залежності від їх меж відбору.

Сенсорна оцінка одержаних фракцій дозволила визначити наступні межі відбору фракцій, які б забезпечували злагоженість та гармонійність ароматичного напрямку: фракція 1 – $5,2 \pm 0,03 \dots 5,45 \pm 0,03\%$, фракція 2 – $33,72 \pm 0,02 \dots 33,93 \pm 0,02\%$, фракція 3 – $57,8 \pm 0,03 \dots 58,2 \pm 0,03\%$, фракція 4 – від $2,15 \pm 0,01$ до $2,42 \pm 0,01\%$.

Для оцінки стабільних характеристик фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) досліджували їх компонентний склад за газорідною хроматографією. Результати досліджень зведено у табл.4.

Таблиця 4

Компонентний склад фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*)

Номер фракцій	Назва ароматичної речовини	Масова частка, %
Фракція 1(1Ф)	α -пінен	$10,11 \pm 0,25$
	цінеол	$18,96 \pm 0,09$

	<i>d</i> – лімонен	70,93±2,35
Фракція 2 (2Ф)	мірцен	3,38±0,02
	<i>l</i> -ліналоол	96,12±3,80
Фракція 3 (3Ф)	<i>l</i> -ліналоол	5,95±0,26
	цитраль	1,6±0,01
	ліналілацетат	92,45±4,25
Фракція 4 (4Ф)	ліналілацетат	11,76±0,25
	гераніол	88,24±4,13

Дослідження компонентного складу фракцій шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) показали, що до складу другої, третьої та четвертої фракції у переважаючій кількості входили кисневі похідні терпенів, що забезпечуватимуть стабільність ароматичного напрямку при інкапсулюванні гуміарабіком. Нажаль, перша фракція характеризувалась високим вмістом терпенів, що виключає її використання при розробленні ароматичних композицій, опираючись на адсорбційні властивості гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів.

Отже, проведення вакуумної ректифікації ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) за розробленим комплексним підходом дозволило одержати фракції за заздальгідь запланованими ароматичними і стабільними характеристиками та застосовувати другу, першу, четверту її фракції при конструюванні (моделюванні) ароматичних композицій із злагодженим та гармонійним ароматом.

4. 3. Конструювання ароматичних композицій з фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) в залежності від адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів

Сучасні вчені сенсорного аналізу для створення ароматичних композицій із злагодженим та гармонійним ароматом поєднують розроблення ароматичних дескрипторів для генерації об'єктивних сенсорних даних та складне статистичне програмне забезпечення, щоб допомогти їм інтерпретувати сенсорну значимість одержаних даних.

Тому для конструювання ароматичних композицій з фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) було застосовано симплекс-метод математичного моделювання. Вибір методу моделювання визначено цільовим призначенням моделі – це відтворення органолептичного образу ароматизатору-еталону відповідно заданих критеріїв.

За цільову функцію було прийнято дані компонентного складу ароматизатору-еталону, який обрано із ряду ароматичних композицій, створених шляхом багаточисельних різнопланових відпрацювань комбінування фракцій ефірної олії за "непередбачуваними" масовими співвідношеннями.

Метод реалізований складанням симплекс-матриці у вигляді системи рівнянь (1)

$$\begin{cases} y_1 = k_1^1 a_1 + k_1^2 a_2 + k_1^3 a_3 + \dots + k_1^m a_n \\ y_2 = k_2^1 a_1 + k_2^2 a_2 + k_2^3 a_3 + \dots + k_2^m a_n \\ y_3 = k_3^1 a_1 + k_3^2 a_2 + k_3^3 a_3 + \dots + k_3^m a_n \\ y_n = k_j^1 a_1 + k_j^2 a_2 + k_j^3 a_3 + \dots + k_j^m a_n \end{cases}$$

, (1)

де $y_{1,2,3,\dots,n}$ – локальні цільові функції, які задаються даними компонентного складу фракцій ефірної олії;

$k_{1,2,3,\dots,j}^{1,2,3,\dots,m}$ – коефіцієнти рівняння, при яких досягається наближення локальних рівнянь математичної моделі з високим рівнем адекватності ($R^2 = 1$) до заданої цільової функції.

Загальний вид цільової функції оптимального компонентного складу ароматизатора наведено у вигляді рівняння (2)

$$\Phi = k_1 A_1 + k_2 A_2 + k_3 A_3 + k_j A_j \rightarrow \text{opt} \quad R^2 \rightarrow 1, \quad (2)$$

де A_1, A_2, A_3, A_j – складові композиції (ароматичні компоненти фракцій);

j – кількість ароматичних компонентів;

R^2 – коефіцієнт адекватності.

Цільова функція має певні обмеження, зокрема: 1) у складі ароматизатора ароматичні компоненти та фракції можуть змінюватися; 2) $a_n \geq 0$; 3) $\Phi = \sum A_j$; 4) комбінаційні обмеження: $n \geq 0, k \geq 0$.

Масові співвідношення складових композицій визначали за спеціально розробленою комп'ютерною програмою "Оптимальне комбінування". Для виконання цільового призначення моделі, першочергово, в базове середовище програми вводяться задані критерії, а саме дані компонентного складу ароматизатору-еталону та фракцій, що беруть участь в комбінуванні. Упорядкований процес циклічних розрахунків визначає рішення системи як масові співвідношення фракцій, досягаючи максимальної відтворюваності компонентного складу ароматизатору-еталону. При цьому програма пропонує декілька варіантів композицій, як з максимальним відтворенням заданого аромату, так і із максимальним кількісним використанням фракцій.

Вибір ароматизаторів-еталонів проводили на імітаційній харчовій основі – шматочках формованого цукру. Відповідні фракції розбавлялись в етиловому спирті у співвідношенні 1:10, змішувались у відповідних співвідношеннях і газохроматографічним шприцом наносилися на шматочки формованого цукру. Ароматизовані шматочки формованого цукру підлягали дегустації з визначенням їх органолептичних дескрипторів.

Поєднання результатів сенсорного аналізу і застосування комп'ютерною програмою "Оптимальне комбінування" дозволило визначити наступні масові співвідношення фракцій ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) у ароматичних композиціях для інкапсулювання гуміарабіком та їх органолептичні характеристики, що вказані у табл. 4, 5.

Таблиця 4
Характеристика ароматичних композицій на основі шавлії мускатної (*Salvia sclarea*)

Назва ароматичної композиції	Хімічний склад ароматичної композиції		Масові співвідношення фракцій
	Назва компонента	Масова частка, %	
«Солодка шавлія»	мірцен	3,26±0,02	2Ф : 3Ф : 4Ф = 2,05-2,15 : 86,32 - 86,76: 3,78 - 4,98
	<i>l</i> -ліналоол	1,99±0,08	
	ліналілацетат	88,51±2,21	
	цитраль	6,98±0,03	
	гераніол	2,27±0,01	
«Мускатна гармонія»	мірцен	3,49±0,02	2Ф : 3Ф : 4Ф = 10,78 - 10,85 : 17,43 - 17,56: 43,22-43,67
	<i>l</i> -ліналоол	10,08±0,05	
	ліналілацетат	19,46±0,11	
	цитраль	45,67±0,23	
	гераніол	21,30±0,12	

Таблиця 5
Органолептична показника ароматичних композицій на основі шавлії мускатної (*Salvia sclarea*)

Назва	Зовнішній вигляд	Аромат	Смак
«Солодка шавлія»	Рідина світло-коричневого кольору	Гармонійний аромат польових квітів з хвойними та лимонними тонами	Кисло-солодкого смаку з приємним трав'янистим присмаком
«Мускатна гармонія»	Рідина темно-коричневого кольору	Злагоджений мускатний аромат з тонами польових квітів	Гіркуватий з терпкувато-кислим присмаком

Із табл.4,5 видно, що до складу ароматичних композицій із ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) входять однакові ароматичні компоненти з різними масовими частками, які забезпечили одержання відмінних ароматичних характеристик.

Дані ароматичні композиції не містять терпенів, які практично не адсорбуються гуміарабіком та швидко піддаються процесам окислення,

полімеризації й ізомеризації, що вказує на стабілізацію їх ароматичного напрямку при інкапсулюванні гуміарабіком.

5. Висновки

На підставі одержаних експериментальних даних стосовно розроблення ароматичних композицій з ефірної олії шавлії мускатної для інкапсулювання гуміарабіком в залежності від його адсорбційних властивостей щодо ароматичних речовин окремих органічних класів можна зробити наступні висновки:

- Дослідження адсорбційних властивостей гуміарабіку довели низьку адсорбційну здатність гуміарабіку щодо органічного класу терпенів і, навпаки, високу – щодо органічних класів кисневих похідних терпенів.

- Розділення ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) на фракції з запланованими ароматичними та стабільними характеристиками проводили вакуумною ректифікацією за встановленими параметрами: *перша фракція* – тиск 5,28кПа, температура 70... 74⁰С, число ступенів розділення 2,6, флегмове число 5,4; *друга фракція* – тиск 2,64кПа, температура 76...90⁰С, число ступенів розділення 2,8, флегмове число 4,15; *третья фракція* – тиск 1,32кПа, температура 95 ...102⁰С, число ступенів розділення 2,9, флегмове число 6,7; *четверта фракція* – тиск 1,32кПа, температура 139...147⁰С, число ступенів розділення 14,5, флегмове число 8,4.

- Встановлено межі відбору фракцій, які забезпечують злагодженість та гармонійність ароматичного напрямку, зокрема: фракція 2 – 33,72±0,02 ... 33,93±0,02%, фракція 3 – 57,8 ±0,03 ... 58,2±0,03%, фракція 4 – від 2,15±0,01 до 2,42±0,01%.

- Конструювання ароматичних композицій на основі ефірної олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) в залежності від адсорбційних властивостей гуміарабіку щодо ароматичних речовин окремих органічних класів дозволило встановити масові співвідношення її фракцій: для ароматичної композиції «Солодка шавлія» - 2Ф : 3Ф : 4Ф = 1,34 - 1,45 : 2,05-2,15 : 86,32 - 86,76: 3,78 - 4,98; для ароматичної композиції «Мускатна гармонія» - 2Ф : 3Ф : 4Ф = 0,76 - 0,81 : 10,78 - 10,85 : 17,43 - 17,56: 43,22 - 43,67.

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 ефірній олії шавлії мускатної (*Salvia sclarea*) мають широкий спектр застосування у

харчових виробництвах, зокрема: ферментованих та безалкогольних напоїв, кондитерських виробів, молочних продуктів, харчових концентратів тощо.

Література!!++DOI

1. Smith, R. L. Criteria for the safety evaluation of flavoring substances: The Expert Panel of the Flavor and Extract Manufacturers Association [Text] / R. L. Smith, S. M. Cohen, J. Doull, V. J. Feron, J. I. Goodman, L. J. Marnett, I. C. Munro, P. S. Portoghese, W. J. Waddell, B. M. Wagner, T. B. Adams // Food and Chemical Toxicology. – 2005. – Vol. 43, №8. – P. 1141-1177. doi: 10.1016/j.fct.2004.11.012.

2. Burdock, G. A. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients [Text] / G. A. Burdock. – Ed. 5. – CRC Press, 2004. – 997 p. doi:10.1201/9781420037876.fmatt.

3. Newslow, D. L. Food Safety Assurance Systems: Food Safety and Quality Management Systems [Text] / D. L. Newslow // Encyclopedia of Food Safety. – 2014. – Vol. 4. – P. 148-159. doi: 10.1016/B978-0-12-378612-8.00340-1.

4. Motarjemi, Y. Encyclopedia of Food Safety [Text] / ed. Y. Motarjemi. – Oxford: Elsevier Inc., 2014. – 403 p.

5. Schrankel, K. R. Safety evaluation of food flavorings [Text] / K. R. Schrankel // Toxicology. – 2004. – Vol. 198, №1-3. – P. 203-211. doi: 10.1016/j.tox.2004.01.027.

6. Baser, K. Handbook of Essential Oils – science, technology and applications [Text] / ed. K. Baser, G. Buchbauer. – CRC Press, 2009. – 994 p. doi: 10.1201/9781420063165.

7. Hui, Y. Handbook of fruit and vegetable flavors [Text] / ed. Y. Hui. – A John Wiley and Sons, 2010. – 1117 p. doi:10.1002/9780470622834.

8. Olmedilla-Alonso, B. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods [Text] / B. Olmedilla-Alonso, F. Jiménez-Colmenero, F. J. Sánchez-Muniz // Meat Science. – 2013. – Vol. 95, №4. – P. 919-930. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.03.030.

9. Stewart, D. Book review: The Chemistry of Essential Oils Made Simple: God's Love Manifest in Molecules [Text] / D. Stewart. – CRC Press, 2012. – 894 p.

10. Almeida, A. P. Microencapsulation of oregano essential oil in starch-based materials using supercritical fluid technology [Text] / A. P. Almeida, S. Rodríguez-Rojo, A. T. Serra, H. Vila-Real, A. L. Simplicio, I. Delgadillo, S. Beirão da Costa, L. Beirão da Costa, I. D. Nogueira, C. M. M. Duarte // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2013. – Vol. 20. – P. 140-145. doi: 10.1016/j.ifset.2013.07.009.

11. 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; заявитель и патентообладатель Бен-гурион юниверсити оф дзе негев рисерч энд дивелопмент оторити. – № 2005138511/04 заявл.10.06.2006; опубл.27.02.2009, Бюл. №6.

12. Dima, C. Microencapsulation of essential oil of pimento [Pimenta dioica (L) Merr.] by chitosan/k-carrageenan complex coacervation method [Text] / C. Dima, M.

Cotârlet, P. Alexe, S. Dima // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2014. – Vol. 22. – P. 203-211. doi: 10.1016/j.ifset.2013.12.020.

13. Cruz, A. G. Sensory Analysis: Relevance for Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Product Development [Text] / A. G. Cruz, R. S. Cadena, E. H. M. Walter, A. M. Mortazavian, D. Granato, J. A. F. Faria, H. M. A. Bolini // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2010. – № 9. – P. 358–373. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00115.x.

14. Bae, I. Y. Effect of sulfation on the physicochemical and biological properties of citrus pectins [Text] / I. Y. Bae, Y. N. Joe, H. J. Rha, S. Lee, S. H. Yoo, H. G. Lee // Food Hydrocolloids. – 2009. – Vol. 23, № 7. – P. 1980-1983. doi: 10.1016/j.foodhyd.2009.02.013.

15. Jackson, R.S. Sensory Perception and Wine Assessment [Text] /R.S. Jackson// Wine Science (Fourth Edition). – 2014. – № 11.– P. 831-888. doi: 10.1016/B978-0-12-381468-5.00011-7

16. Rajabi, Z. Compositions and yield variation of essential oils among and within nine *Salvia* species from various areas of Iran [Text] / Z. Rajabi, M. Ebrahimi, M. Farajpour, M. Mirza, H. Ramshini // Industrial Crops and Products. – 2014. – Vol. 61. – P. 233-239. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.06.038.

17. Peana, A. T. Pharmacological activities and applications of *Salvia sclarea* and *Salvia desoleana* essential oils [Text] / A. T. Peana, M. D. L. Moretti // Studies in Natural Products Chemistry. – 2002. – Vol. 26. – Part G. – P. 391-423. doi: 10.1016/S1572-5995(02)80012-6.

18. Glyn, P. Handbook of hydrocolloids [Text] / P. Glyn, P. Williams. – Ed. 2. – Woodhead Publishing LTD, 2009. – 948 p.

19. Nedovic, V. An overview of encapsulation technologies for food applications [Text] / V. Nedovic, A. Kalusevic, V. Manojlovic, S. Levic, B. Bugarski // Procedia Food Science. – 2011. – Vol. 1. – P. 1806-1815. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.265.

20. Shakhmatov, E. G. Structural studies of arabinan-rich pectic polysaccharides from *Abies sibirica* L. Biological activity of pectins of *A. Sibirica* [Text] / E. G. Shakhmatov, P. V. Toukach, E. A. Michailowa, E. N. Makarova // Carbohydrate Polymers. – 2014. – Vol. 113. – P. 515-524. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.07.037.

21. Phillips, A. O. Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic [Text] / A. O. Phillips, G. O. Phillips // Food Hydrocolloids. – 2011. – Vol. 25, № 2. – P. 165-169. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.012.

22. Abuarra, A. Fabrication and characterization of gum Arabic bonded *Rhizophora* spp. Particleboards [Text] / A. Abuarra, R. Hashim, S. Bauk, S. Kandaiya, E. T. Touse // Materials & Design. – 2014. – Vol. 60. – P. 108-115. doi: 10.1016/j.matdes.2014.03.032

23. Calame, W. Evaluation of satiety enhancement, including compensation, by blends of gum arabic. A methodological approach [Text] / W. Calame, F. Thomassen, S. Hull, C. Viebke, A. D. Siemensma // Appetite. – 2011. – Vol. 57, № 2. – P. 358-364. doi: 10.1016/j.appet.2011.06.005

24. Войткевич, С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии [Text] / С. А. Войткевич. – М.: Пищевая промышленность, 1999. – 282 с.

References!!++DOI

1. Smith, R. L., Cohen, S. M., Doull, J., Feron, V. J., Goodman, J. I., Marnett, L. J., Munro, I. C., Portoghese, P. S., Waddell, W. J., Wagner, B. M., Adams, T. B. (2005). Criteria for the safety evaluation of flavoring substances: The Expert Panel of the Flavor and Extract Manufacturers Association. *Food and Chemical Toxicology*, 43(8), 1141-1177. doi: 10.1016/j.fct.2004.11.012.
2. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, Fifth Edition. (2004, December 3). Ed. 5. CRC Press, 997. doi:10.1201/9781420037876.fmatt.
3. Newslow, D. L. (2014). Food Safety Assurance Systems: Food Safety and Quality Management Systems. *Encyclopedia of Food Safety*, 4, 148-159. doi: 10.1016/B978-0-12-378612-8.00340-1.
4. In: Motarjemi, Y. (2014). *Encyclopedia of Food Safety*. Oxford: Elsevier Inc., 403.
5. Schrankel, K. R. (2004). Safety evaluation of food flavorings *Toxicology*, 198(1-3), 203-211. doi: 10.1016/j.tox.2004.01.027.
6. In: Baser, K., Buchbauer, G. (2009). *Handbook of Essential Oils - science, technology and applications*. CRC Press, 994. doi: 10.1201/9781420063165.
7. In: Hui, Y. (2010). *Handbook of fruit and vegetable flavors*. A John Wiley and sons, 1117. doi:10.1002/9780470622834.
8. Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F. J. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 95(4), 919-930. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.03.030.
9. Stewart, D. (2012). Book review: *The Chemistry of Essential Oils Made Simple: God's Love Manifest in Molecules*. CRC Press, 894.
10. Almeida, A. P., Rodríguez-Rojo, S., Serra, A. T., Vila-Real, H., Simplicio, A. L., Delgadillo, I., Beirão da Costa, S., Beirão da Costa, L., Nogueira, I. D., Duarte, C. M. M. (2013). Microencapsulation of oregano essential oil in starch-based materials using supercritical fluid technology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20, 140-145. doi: 10.1016/j.ifset.2013.07.009.
11. 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.
12. Dima, C., Cotârlet, M., Alexe, P., Dima, S. (2014). Microencapsulation of essential oil of pimento [*Pimenta dioica* (L) Merr.] by chitosan/k-carrageenan complex coacervation method. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22, 203-211. doi: 10.1016/j.ifset.2013.12.020.
13. 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.
14. Bae, I. Y., Joe, Y. N., Rha, H. J., Lee, S., Yoo, S. H., Lee, H. G. (2009). Effect of sulfation on the physicochemical and biological properties of citrus pectins. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1980-1983. doi:10.1016/j.foodhyd.2009.02.013.

15. Jackson, R. S. (2014). Sensory Perception and Wine Assessment. Wine Science (Fourth Edition), 11, 831-888. doi: 10.1016/B978-0-12-381468-5.00011-7.
16. Rajabi, Z., Ebrahimi, M., Farajpour, M., Mirza, M., Ramshini, H. (2014). Compositions and yield variation of essential oils among and within nine *Salvia* species from various areas of Iran. Industrial Crops and Products, 61, 233-239. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.06.038.
17. Peana, A. T., Moretti, M. D. L. (2002). Pharmacological activities and applications of *Salvia sclarea* and *Salvia desoleana* essential oils. Studies in Natural Products Chemistry, 26(Part G), 391-423. doi: 10.1016/S1572-5995(02)80012-6.
18. Glyn, P. (2009). Handbook of hydrocolloids. Ed. 2. Woodhead Publishing LTD, 948.
19. Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. Procedia Food Science, 1, 1806-1815. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.265.
20. Shakhmatov, E. G., Toukach, P. V., Michailowa, E. A., Makarova, E. N. (2014). Structural studies of arabinan-rich pectic polysaccharides from *Abies sibirica* L. Biological activity of pectins of *A. Sibirica*. Carbohydrate Polymers, 113, 515-524. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.07.037.
21. Phillips, A. O., Phillips, G. O. (2011). Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic. Food Hydrocolloids, 25(2), 165-169. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.012.
22. Abuarra, A., Hashim, R., Bauk, S., Kandaiya, S., Tousi, E. T. (2014). Fabrication and characterization of gum Arabic bonded *Rhizophora* spp. Particleboards. Materials & Design, 60, 108-115. doi: 10.1016/j.matdes.2014.03.032.
23. Calame, W., Thomassen, F., Hull, S., Viebke, C., Siemensma, A. D. (2011). Evaluation of satiety enhancement, including compensation, by blends of gum arabic. A methodological approach. Appetite, 57(2), 358-364. doi: 10.1016/j.appet.2011.06.005.
24. Vojtkevich, S. A. (1999). Essential oils for perfumes and aromatherapy. Moscow: Food industry, 282.

*This article presents the development of aromatic compositions from *Salvia sclarea* essential oil for their encapsulation depending on the adsorption properties of gum arabic with regard to organic classes of aromatic compounds. The dynamics of aromatic compounds adsorption in applying the gum arabic has shown the low selectivity for the organic class of terpenes and the high selectivity for the organic classes of oxygen derivatives of terpenes. The separation of *Salvia sclarea* essential oil into its fractions with the low terpenes content and the difference of aromatic properties were performed by vacuum rectification using the complex approach. The mathematical modeling for the development of aromatic compositions from *Salvia sclarea* essential oil was used. The development of aromatic compositions from *Salvia sclarea* essential oil depending on the adsorption properties of gum arabic has allowed to find out the mass ratios of its fractions for the aromatic composition "Sweet Sage" – 2fraction: 3fraction: 4fraction = 1.34 – 1.45: 2.05-2.15: 86.32 – 86.76: 3.78 – 4.98 and for the aromatic composition "Muscat Harmony" - 2fraction:*

3fraction: 4fraction =0.76 – 0.81: 10.78 – 10.85: 17.43 – 17.56: 43.22 – 43.67. The first fraction of *Salvia sclarea* essential oil with high terpenes content has not been used in the development of aromatic compositions.

Keywords: aromatic compositions, Salvia sclarea essential oil, gum arabic, flavourings.