

УДК 544.723:547.554

СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОПОЛІМЕРНИХ МАТРИЦЬ

Лашко Н.П. к.х.н, доцент, Тюріна Т.О. магістрант,

Запорізький національний університет Україна, 69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66

Вивчена сорбційна активність 20% термотропних желатинових драглів у зв'язуванні тимолу та ваніліну із водних розчинів різних концентрацій.

Мета роботи – вивчити закономірності зв'язування ароматоутворюючих речовин біополімерними матрицями на основі желатини.

Метод досліджень – оптичний : концентрацію тимолу визначали фотоколориметричним методом при довжині хвилі 410 нм, концентрацію ваніліну – за власним поглинанням при довжині хвилі 280 нм.

Результати та висновки. В результаті експериментальних досліджень визначені ступінь вилучення, коефіцієнт розподілення, порівняні сорбційні властивості гідрофобної та гідрофільної поверхні драглів желатини і побудовані ізотерми сорбції. Експериментально підтверджено вплив гідрофобної та гідрофільної поверхні досліджуваних драглів на їхню сорбційну здатність. Так, на 60 хвилині значення середньої величини коефіцієнту розподілення для гідрофобної поверхні у випадку тимолу становило – 30,03%, у випадку ваніліну – 10,27%, для гідрофільної відповідно – 7,62% та 23,87%. Значення показника ліпофільності ($\log P$) для тимолу складало 3,37, для ваніліну – 1,27, що також підтверджує більшу спорідненість тимолу до гідрофобної поверхні драглів.

Встановлено, що тип функціональної групи ароматизаторів вносить основний вклад в ступінь зв'язування їх з біополімерними матрицями. Поява в молекулі ваніліну альдегідної та метоксигрупи призводить до зростання спорідненості з гідрофільною поверхнею драглів, що пояснює більш високий відсоток зв'язування ваніліну, порівнянно з тимолом, саме цією поверхнею (відповідно 23,87% і 13,23%) та збільшення крутизни S-подібної форми ізотерми сорбції.

Експериментально підтверджено, що технологічно найбільш перспективними для створення ароматизаторів на основі гідрофобних ароматичних речовин є драглі желатину з високою гідрофобністю поверхні. Саме гідрофобність поверхні драглів призводила до значного зростання їх сорбційної активності у випадку з тимолом за показниками загального зв'язування, коефіцієнту розподілення та крутизни S-подібної форми ізотерм сорбції.

Ключові слова: ароматизатор, тимол, ванілін, желатина, сорбція, біополімерна матриця, ізотерма.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БИОПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ

Лашко Н.П. к.х.н, доцент, Тюріна Т.А., магістрант

Запорожский национальный университет Украина, 69600, Запорожье, ул. Жуковского, 66

Изучена сорбционная активность 20% термотропных желатиновых студней в связке тимол и ванилина с водных растворов различных концентраций.

Цель работы - изучить закономерности связывания ароматобразующих веществ биополімерными матрицами на основе желатина.

Метод исследований - оптический: концентрацию тимол определяли фотоколориметрическим методом при длине волны 410 нм, концентрацию ванилина - по собственному поглощению при длине волны 280 нм.

Результаты и выводы. В результате экспериментальных исследований определены степень извлечения, коэффициент распределения, сравнению сорбционные свойства гидрофобной и гидрофильной поверхности студней желатина и построенной изотермы сорбции. Экспериментально подтверждено влияние гидрофобной и гидрофильной поверхности исследуемых студней на их сорбционной способности. Так, на 60 минуте значение средней величины коэффициента распределения для гидрофобной поверхности в случае тимол составило - 30,03%, в случае ванилина - 10,27%, для гидрофильной соответственно - 7,62% и 23,87%. Значение показателя липофильности ($\log P$) для тимол составляло 3,37, для ванилина - 1,27, что также подтверждает большее сродство тимол к гидрофобной поверхности студней.

Установлено, что тип функциональной группы ароматизаторов вносит основной вклад в связывание их с биополімерными матрицами. Появление в молекуле ванилина альдегидной и метоксигруппы приводит к росту родства с гидрофильной поверхностью студней, что объясняет более высокий процент связывания ванилина, по

сравнению с тимолом, именно этой поверхностью (соответственно 23,87% и 13, 23%) и увеличение крутизны S-образной формы изотермы сорбции.

Экспериментально подтверждено, что технологически наиболее перспективными для создания ароматизаторов на основе гидрофобных ароматических веществ является студни желатина с высокой гидрофобностью поверхности. Именно гидрофобность поверхности студней приводила к значительному росту их сорбционной активности в случае с тимолом по показателям общего связывания, коэффициента распределения и крутизны S-образной формы изотерм сорбции

Ключевые слова: ароматизатор, тимол, ванилин, желатина, сорбция, биополимерные матрицы, изотермы.

SORPTION PROPERTIES OF BIOPOLIUM MATRIX

Lashko N.P. Ph.D., Associate Professor, Tyurina T.O. student

Zaporizhzhya national university, Ukraine, 69600, Zaporizhzhya, Zhukovskogo Street 66.

Flavors in our time are widely used in the food and other industries to improve the organoleptic quality of products. The use of flavorings in food also leads to an increase in the consumer value of products.

Very often, food manufacturers are confronted with the problem of the stability of the food flavoring. Scientific and technical problems determine the need for a more detailed study of the mechanisms of interaction of odorants with inert carriers. Solving this issue will allow you to create a stable, intense aroma and, equally important, to avoid unwanted odds imbalance.

To date, a link has been found between the physical and chemical properties of volatile organic substances and inert matrices and the degree of binding of odorants. In a number of scientific works were considered the interaction of different types of starches, dextrin, gelatin with certain individual organic compounds (mixtures). But such a pattern was discovered: the content of odorants (volatile compounds) with a biopolymer matrix occurs due to surface and capillary sorption, formation of inclusion complexes and hydrogen bonds.

The hydrophobic nature of the interaction of aromatic compounds with protein (gelatinous) thermotropic dragons was confirmed in the works.

An urgent problem for today is the further deeper study of the mechanism of interaction in the odorant system - an inert matrix and the search for new and effective sorbents.

In this regard, the purpose of our work is to study the patterns of sorption of aromatic substances (odorants) from solutions of gelatinous dragons and the effect on this process of the structure of odorants.

Tasks of work: 1) to determine and compare the total binding (R,%) and the distribution factor (D) of the investigated odorant on the hydrophobic and hydrophilic surfaces of thermotropic 20% gelatin capsules;

2) build isotherms of sorption and determine the effect of type

functional groups of flavors on the sorption properties of the studied drops;

3) experimentally confirm the possibility of optimizing the choice of a biopolymer matrix for the creation of flavors.

Materials and methods of the study. To prepare thermotropic gelatinous drops, measure 20 g of 20 g of gelatin in a chemical resistant glass of 250 cm³ and add 80 cm³ of distilled water. Gelatin swells. On a water bath heated to 90 ° C, put a glass with a closed lid, stirred every 5 minutes, until full melting of gelatin. Then cool, without removing the lid, and pour into a petri dish. Thermotropnyye dagli are formed in a refrigerator at 5 ° C.

The thymol concentration was determined by the photometric method according to the method .

The concentration of vanillin was determined by the optical method. The concentration of freshly prepared vanillin solution (1: 100) was measured on SF-46 at a wavelength of 280 nm

Results and discussion. According to the results of experimental studies, the amount of sorbed thymol and vanillin, both hydrophobic and hydrophilic surfaces of gelatin, increased with an increase in sorption time, reaching a maximum value of 60 minutes. Adsorption equilibrium was established in all cases 80 minutes after the beginning of the experiment. In the case of thymol, the sorption activity of the hydrophobic surface of thermotropic 20% gelatinous scales is significantly higher than that of hydrophilic. On the contrary, for vanillin, the sorption activity of the drops is greater in the case of a hydrophilic surface, unlike hydrophobic. Thus, for 60 minutes, the mean value of the distribution coefficient for the hydrophobic surface, in the case of thymol, was 30.03%, and for the hydrophilic - 7.62%, which is almost 4 times less. At the same time, for vanillin the mean value of the distribution coefficient for the hydrophobic surface was 10.27%, and for the hydrophilic - 23.87%, respectively.

Thus, the chemical affinity of thymol to the hydrophobic surface of the scales is higher (on average, 3.9 times) than that of vanillin. At the same time, vanillin has a higher affinity for the hydrophilic surface of the scales (on average, 3.1 times) compared with thymol. This is confirmed by the values of lipophilicity indicators, ie hydrophobicity, for thymol and vanillin, calculated according to the Chem Office 8.0 program. Thus, for thymol, the indicator $\log P = 3,37$, and for vanillin - $\log P = 1,27$, from this it follows that thymol is more hydrophobic, and vanillin is more hydrophilic, which is confirmed by experimental data.

The form of isotherm depended on the degree of binding of thymol (vanillin) to the investigated thermotropic drafts of gelatin. Isotherms of sorption in all investigated cases had a S-shaped shape. According to the Brunauer classification, this type of isotherm is associated with polymolecular adsorption.

The steepness of the sorption isotherm indicates a higher affinity of thymol, compared to vanillin, to the hydrophobic surface of gelatinous scales. At the same time, for a hydrophilic surface, vanillin isotherm has a greater slope. This is also confirmed by the overall binding and distribution coefficients.

Thus, the experimental data obtained allow us to assume that the type of functional group in the aromatic compound had a major effect on the degree of binding. The weakly polarized benzyl ring of thymol and vanillin should be predominantly adsorbed from solutions on the hydrophobic surface of gelatine droplets due mainly to hydrophobic interaction. Due to the fact that the hydrophobicity of thymol is 2.6 times more than that of vanillin, it is thymol itself that should have a high affinity for the hydrophobic surface and as a result - the highest possible sorption values, as confirmed by experimental data.

Sorption of thymol and vanillin on the hydrophilic surface of the sorbent occurs mainly due to hydrogen bonds between the hydroxyl group of odorants and the hydroxyl groups of the biopolymer matrix. The affinity between vanillin and the hydrophilic surface of gelatin is much greater due to the appearance of an aldehyde and methoxy group in the vanillin aldehyde molecule, which explains a higher percentage of its binding and the S-shaped form of isotherm sorption. In this case, the main contribution to the sorption is made by hydrogen bonds between the aldehyde group of vanillin and the OH groups of gelatin. But insufficiently high sorption values on the hydrophilic surface of gelatine drops, in our opinion, can be explained by the competition of odorant molecules with a lot of water in droplets, which can also form hydrogen bonds with hydroxyl groups of gelatin.

Conclusions. 1. Experimentally confirmed the influence of the hydrophobic and hydrophilic surfaces of investigated dredges on their ability to absorb thymol from aqueous solutions.

The maximum value of the average distribution coefficient for a hydrophobic surface in the case of thymol was 30.03%, in the case of vanillin - 10.27%, for the hydrophilic, respectively, 7.62% and 23.87%. The value of lipophilicity ($\log P$) for thymol was 3.37, for vanillin - 1.27, which also confirms the greater affinity of thymol to the hydrophobic surface of the scales.

2. It was established that the type of functional group of flavors makes a major contribution to the degree of binding of them to biopolymer matrices. The appearance of an aldehyde and methoxy group in the vanillin molecule leads to an increase in affinity with the hydrophilic surface of the drops, which explains a higher percentage of total binding of vanillin, compared with thymol, namely this surface (23.87% and 13.23%, respectively) and an increase in steepness of S-like sorption isotherms.

3. It has been experimentally proved that technologically the most promising for creating flavors on the basis of hydrophobic aromatic substances is gelatine gelatine with high hydrophobic surface. It was the hydrophobicity of the surface of the drops that led to a significant increase in their sorption activity in the case of thymol in terms of total binding, distribution coefficient and steepness of the S-shaped isotherm sorption.

Key words: flavoring, thymol, vanillin, gelatin, sorption, biopolymer matrices, isotherms.

ВСТУП

Ароматизатори у наш час широко застосовуються у харчовій та інших галузях промисловості для поліпшення органолептичних показників якості продукції. Використання ароматизаторів в продуктах харчування також призводить до підвищення споживчої цінності продукції.

Дуже часто виробники харчової продукції зіштовхуються з проблемою стійкості харчового ароматизатору. Науково-технічні проблеми обумовлюють необхідність більш докладного вивчення механізмів взаємодії одорантів з інертними носіями. Вирішення цього питання дозволить створити стійкий, інтенсивний аромат та, що не менш важливо, уникнути небажаного дисбалансу запаху [1].

На сьогоднішній день знайшли зв'язок між фізико-хімічними властивостями летких органічних речовин й інертними матрицями та ступенем зв'язування одорантів. В ряді наукових праць були розглянуті взаємодії різних видів крохмалів, декстринів, желатини з певними індивідуальними органічними сполуками (сумішами). Та була виявлена така закономірність – утримання одорантів (летких сполук) біополімерною матрицею відбувається за рахунок поверхневої і капілярної сорбції, утворення комплексів включення та водневих зв'язків [2-4].

Гідрофобний характер взаємодії ароматичних сполук з білковими (желатиновими) термотропними драглями був підтверджений в роботах [5-7].

Актуальною проблемою на сьогоднішній час залишається подальше більш глибоке вивчення механізму взаємодії в системі одорант – інертна матриця та пошук нових та ефективних сорбентів.

В зв'язку з цим мета нашої роботи – вивчити закономірності сорбції ароматичних речовин (одорантів) із розчинів желатиновими драглями та вплив на цей процес структури одорантів.

Завдання роботи:

1) визначити та порівняти загальне зв'язування (R, %) і коефіцієнт розподілення (D) досліджуваного одоранту на гідрофобній та гідрофільній поверхнях термотропних 20% желатинових драглів;

2) побудувати ізотерми сорбції та визначити вплив типу

функціональних груп ароматизаторів на сорбційні властивості досліджуваних драглів;

3) експериментально підтвердити можливість оптимізації вибору біополімерної матриці для створення ароматизаторів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для приготування термотропних желатинових драглів відміряли у хімічний термостійкий стакан на 250 см³ наважку желатини 20 г та додавали 80 см³ дистильованої води. Далі стакан із желатиною ставили на водяну баню, нагріту до 90°C, та перемішували суміш через кожні 5 хвилин до повного розплавлення желатини. Після охолодження розплаву до кімнатної температури заливали його у чашку Петрі, поміщали у холодильник, та витримували при 5°C протягом 18 годин для формування драгля.

Характер поверхні драгля желатини (рис.1) визначали за методикою краплі, що розтікається [8]. Поверхня, яка сформувалась на межі повітря – розплав, мала гідрофобний характер, про що свідчить тупий (120°) кут крайового змочування. Поверхня драгля, яка сформувалась всередині розплаву, мала гідрофільний характер, що підтверджує гострий (45°) кут крайового змочування.

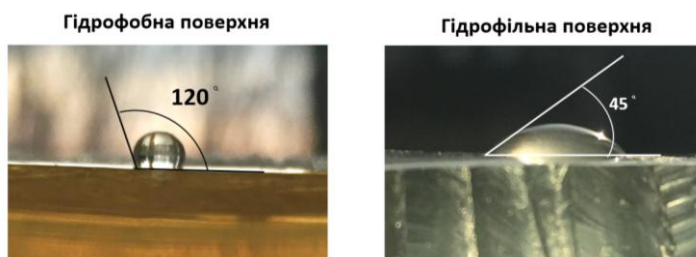


Рисунок 1 – Кут крайового змочування поверхні драглів желатини

Концентрацію тимолу визначали фотометричним методом згідно з методикою [9].

Концентрацію ваніліну визначали за власним поглинанням спектрофотометричним методом при довжині хвилі 280 нм.

Сорбційну активність розраховували за показниками ступеню вилучення R,% та коефіцієнту розподілення D,%.

Ступінь вилучення розраховували за формулою 1:

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100 \quad (1)$$

де: C_0 – початкова концентрація розчину тимолу (моль/л);

C – рівноважна концентрація розчину тимолу (моль/л);

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки (%).

Коефіцієнт розподілення розраховували за формулою 2:

$$D = \frac{R}{100 - R} \cdot \frac{V}{m} \quad (2)$$

де: R – ступінь вилучення (%);

V – об'єм аналізованого розчину тимолу (см³);

m – маса сорбенту (г).

Для побудови ізотерми сорбції розраховували сорбцію(Γ) за формулою 3:

$$\Gamma = \frac{C_0 - C}{m} \cdot V \quad (2.3)$$

де: C_0 – початкова концентрація розчину тимолу (моль/л);

C – концентрація розчину тимолу після проведення сорбції (моль/л);

m – маса кріотекстурату (г);

V – об'єм розчину тимолу, взятого для проведення сорбції (см³).

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

Експериментальні результати визначення ступеню вилучення тимолу і ваніліну з водних розчинів (R , %) та коефіцієнтів розподілення (D , %) в залежності від часу сорбції представлені на рис. 2, рис. 3 відповідно та в табл. 1.

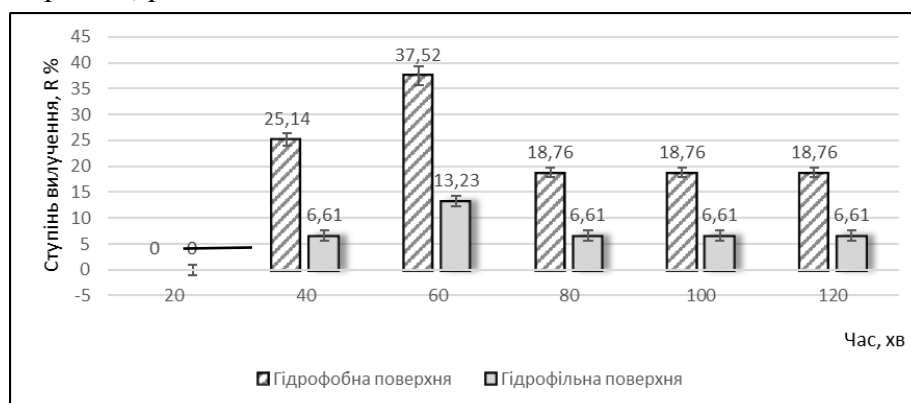


Рисунок 2 – Загальне зв'язування тимолу із розчинів термотропними 20% желатиновими драглями

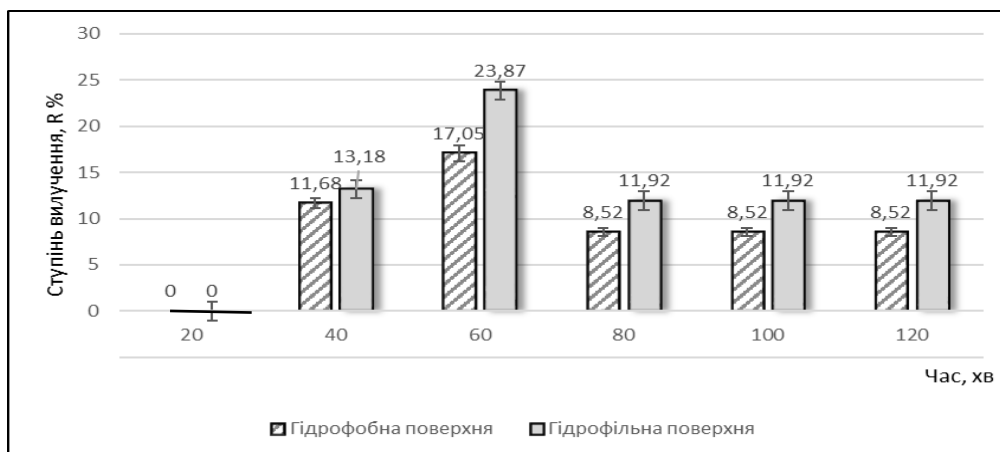


Рисунок 3 – Загальне зв’язування ваніліну з термотропними 20% желатиновими драглими

Таблиця 1 – Середні величини коефіцієнтів розподілення тимолу та ваніліну на гідрофобній та гідрофільній поверхнях термотропних 20% желатинових драглів (n=3, P=0,95)

Час, хв	Тимол		Ванілін	
	Середня величина коефіцієнта розподілення			
	$\bar{D} \pm \epsilon$			
	Гідрофобна поверхня	Гідрофільна поверхня	Гідрофобна поверхня	Гідрофільна поверхня
40	16,79±0,87	3,54±0,38	6,61±0,49	13,18±0,70
60	30,03±1,28	7,62±0,78	10,27±0,45	23,87±0,25
80	11,55±1,43	3,54±0,39	4,91±0,39	12,03±0,18
100	11,55±1,43	3,54±0,39	4,91±0,39	12,03±0,18
120	11,55±1,43	3,54±0,39	4,91±0,39	12,03±0,18

Згідно з результатами експериментальних досліджень, кількість сорбованого тимолу та ваніліну, як гідрофобною, так і гідрофільною поверхнями желатини, зростала зі збільшенням часу сорбції, досягаючи максимального значення на 60 хв. Адсорбційна рівновага встановлювалася у всіх випадках через 80 хвилин від початку експерименту. У випадку тимолу, сорбційна активність гідрофобній поверхні термотропних 20% желатинових драглів значно більша ніж гідрофільної. Для ваніліну навпаки – сорбційна активність драглів більше у випадку гідрофільної поверхні на відміну від гідрофобної. Так, на 60 хвилині значення середньої величини коефіцієнту розподілення для гідрофобної поверхні, у випадку тимолу, становило – 30,03%, а для гідрофільної – 7,62%, що майже в 4 рази менше. У той же час, для ваніліну середнє значення коефіцієнту розподілення для гідрофобної поверхні становило – 10,27%, а для гідрофільної – 23,87% відповідно.

Таким чином, хімічна спорідненість тимолу до гідрофобної поверхні драглів вища (в середньому, в 3,9 раз), ніж у ваніліну. В той же час, ванілін має більш високу спорідненість до гідрофільної поверхні драглів (в середньому, в 3,1 раз) порівняно с тимолом. Це підтверджується значеннями показників ліпофільності, тобто гідрофобності, для тимолу і ваніліну, розрахованими за програмою Chem Office 8.0. Так, для тимолу показник

$\log P=3,37$, а для ваніліну – $\log P=1,27$, з цього випливає, що тимол є більш гідрофобним, а ванілін більш гідрофільним, що і підтверджують експериментальні данні.

Для термодинамічної характеристики процесів сорбції тимолу та ваніліну із водних розчинів були побудовані ізотерми сорбції в координатах: концентрація сорбованого одоранту (Γ , моль на 1 г сорбенту) – рівноважна концентрація одоранту (C , ммоль/л). Ізотерми сорбції тимолу та ваніліну представлені на рис. 4, 5 відповідно.

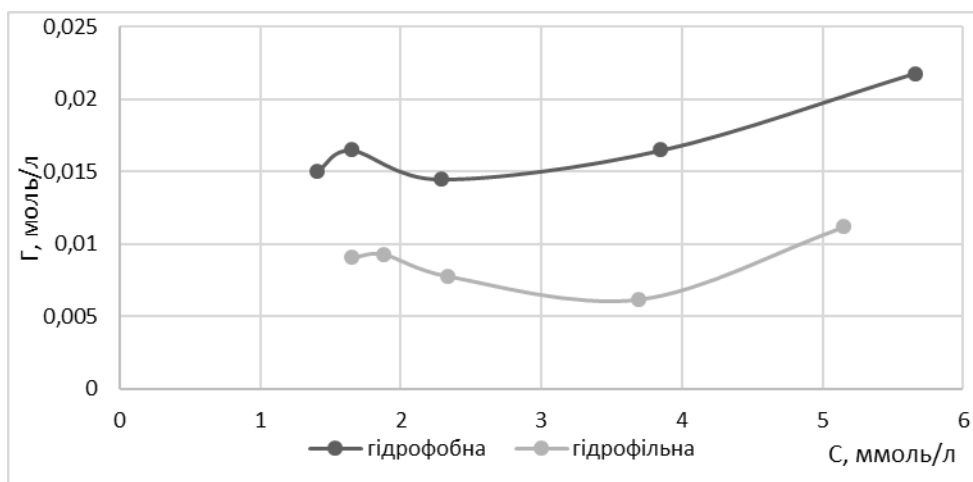


Рисунок 4 – Ізотерми сорбції тимолу на різних желатинових поверхнях

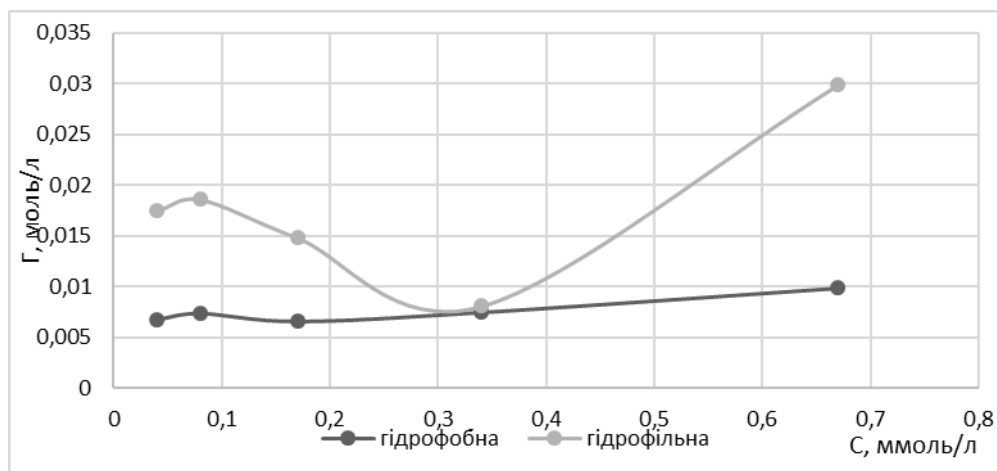


Рисунок 5 – Ізотерми сорбції ваніліну на різних желатинових поверхнях

Форма ізотерм залежала від ступеня зв'язування тимолу (ваніліну) з досліджуваними термотропними драглями желатини. Ізотерми сорбції у всіх досліджуваних випадках мали S-подібну форму. Згідно класифікації Брунауера такий тип ізотерм пов'язаний з полімолекулярною адсорбцією.

Крутизна ізотерм сорбції свідчить про більш високу спорідненість тимолу, порівняно з ваніліном, до гідрофобної поверхні желатинових драглів. В той же час, для гідрофільної поверхні більшу крутизну мають ізотерми ваніліну. Це підтверджується також показниками загального зв'язування та коефіцієнтами розподілення.

Кількість зв'язаного тимолу та ваніліну зростала зі збільшенням їх вихідних концентрації у всіх досліджуваних випадках (рис. 6 та 7).

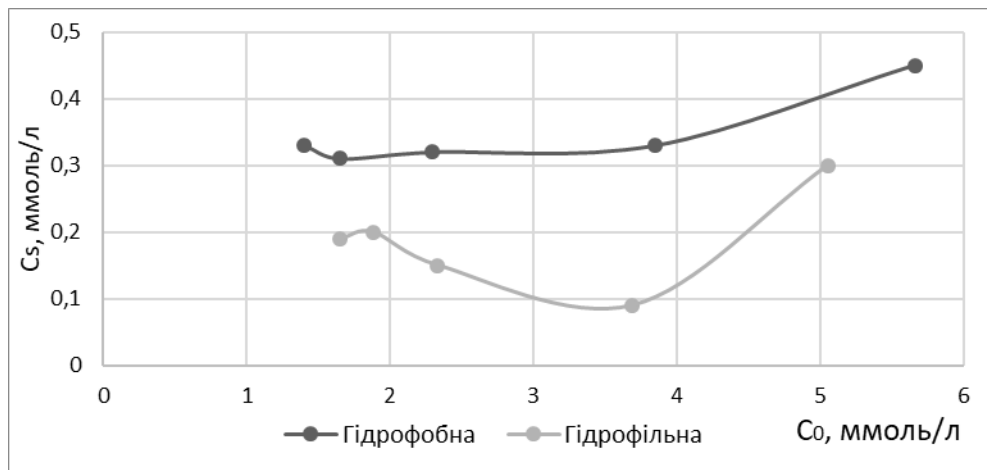


Рисунок 6 – Залежність кількості зв’язаного тимолу (C_s) желатиною від його початкової концентрації (C_0)

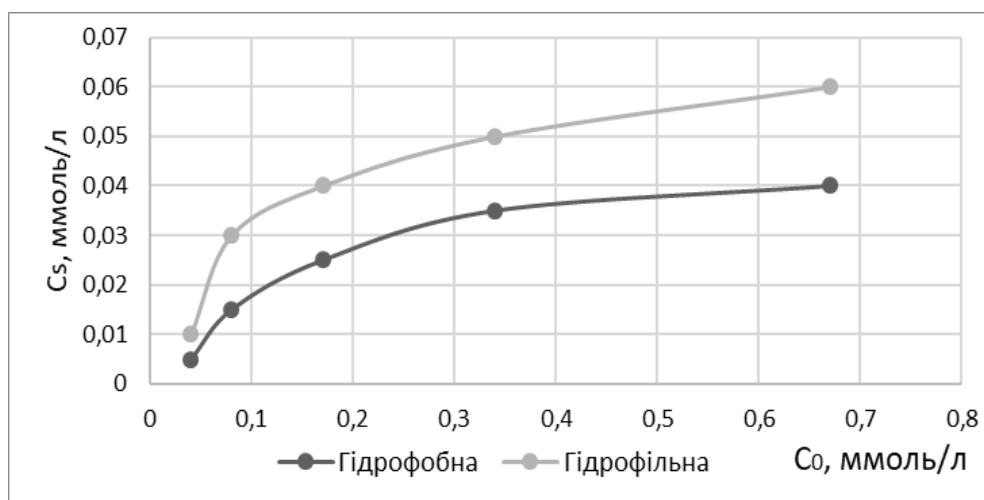


Рисунок 7 – Залежність кількості зв’язаного ваніліну (C_s) желатиною від його початкової концентрації (C_0)

Таким чином, одержані експериментальні дані дозволяють припустити, що тип функціональної групи в ароматичній сполуці мав основний вплив на ступінь зв’язування. Слабо поляризоване бензольне кільце тимолу і ваніліну повинно переважно адсорбуватись із розчинів на гідрофобній поверхні драглів желатини за рахунок, в основному, гідрофобної взаємодії. В зв’язку з тим, що гідрофобність тимолу в 2,6 рази більше ніж у ваніліну, саме тимол повинен мати достатньо високу спорідненість до гідрофобної поверхні і як наслідок – максимально високі показники сорбції, що і підтверджують експериментальні дані.

Сорбція тимолу і ваніліну на гідрофільній поверхні сорбенту відбувається, переважно, за рахунок водневих зв’язків між гідроксильною групою одорантів та та гідроксильними групами біополімерної матриці. Спорідненість між ваніліном і гідрофільною поверхнею желатини набагато більша за рахунок появи в молекулі ваніліну альдегідної та метоксигрупи, що пояснює більш високий відсоток його зв’язування та S-подібну форму ізотерми сорбції. В цьому випадку, основний вклад в сорбцію вносять водневі зв’язки між альдегідною групою ваніліну та ОН-групами желатини. Але недостатньо високі показники сорбції на гідрофільній поверхні драглів желатини, на наш погляд, можуть бути пояснені конкуренцією молекул одорантів з великою кількістю води в драглях, яка також може утворювати водневі зв’язки з гідроксильними групами желатини.

ВИСНОВКИ

1. Експериментально підтверджено вплив гідрофобної та гідрофільної поверхні досліджуваних драглів на їхню здатність сорбувати тимол із водних розчинів.

Максимальне значення середньої величини коефіцієнту розподілення для гідрофобної поверхні у випадку тимолу становило – 30,03%, у випадку ваніліну – 10,27%, для гідрофільної відповідно – 7,62% та 23,87%. Значення показника ліпофільності ($\log P$) для тимолу складало 3,37, для ваніліну – 1,27, що також підтверджує більшу спорідненість тимолу до гідрофобної поверхні драглів.

2. Встановлено, що тип функціональної групи ароматизаторів вносить основний вклад в ступінь зв'язування їх з біополімерними матрицями. Поява в молекулі ваніліну альдегідної та метоксигрупи призводить до зростання спорідненості з гідрофільною поверхнею драглів, що пояснює більш високий відсоток загального зв'язування ваніліну, порівнянно з тимолом, саме цією поверхнею (відповідно 23,87% і 13,23%) та збільшення крутизни S-подібної форми ізотерми сорбції.

3. Експериментально підтверджено, що технологічно найбільш перспективними для створення ароматизаторів на основі гідрофобних ароматичних речовин є драгли желатину з високою гідрофобністю поверхні. Саме гідрофобність поверхні драглів призводила до значного зростання їх сорбційної активності у випадку з тимолом за показниками загального зв'язування, коефіцієнту розподілення та крутизни S-подібної форми ізотерми сорбції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крепка І. Сучасні реалії використання ароматизаторів у харчовій промисловості. *Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання: матеріали V студ. наук-техніч. конф.*, м. Тернопіль, 19-20 квіт. 2017 р. Тернопіль, 2012. С. 260.
2. Jelen H. Food Flavours: chemical, sensory and technological properties. GB: London, 2012. 71 p.
3. Leffingwell J. Flavor Properties of FEMA GRAS List 25 Flavor Chemicals. USA: Perfumer and Flavorist, 2011. Vol. 36. 8 p.
4. Hui Y.H. Handbook of fruit and vegetable flavors: handbook. New Jersey: Wiley and Sons, 2010, 1095 p.
5. Лашко Н.П., Вакуліна Д.С. Сорбційна активність природних полісахаридів у зв'язуванні ароматоутворюючих речовин. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. Запоріжжя, 2009. №1. С. 138-143.
6. Лашко Н.П., Єгорова Ю.В. Сорбція ароматоутворюючих речовин на біополімерних матрицях. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. Запоріжжя, 2013. №1. С. 129-134.
7. Lashko N., Derevianko N., Dudarieva G. Binding of aromaforming cryo- and thermotropic jellies of gelatin and starch. *Chemistry and chemical technology*. Львів:, 2017. Vol 11, No 4. P. 480-486.
8. Ахметов Б.В., Новиченко Ю.П., Чапурин В.И. Физическая и коллоидная химия. Львов: «Химия», 1986. С. 30-31.
9. Коренман И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений: 2-е изд., пер. и доп. М: «Химия», 1975. 360с.

REFERENCES

1. Krepka I. Suchasni realii vykorystannia aromatyzatoriv u kharchovii promyslovosti. Pryrodnychi ta humanitarni nauky. Aktualni pytannia: materialy V stud. nauk-tekhnich. konf., m. Ternopil, 19-20 kvit. 2017 r. Ternopil, 2012. S. 260.
2. Jelen H. Food Flavours: chemical, sensory and technological properties. GB: London, 2012. 71 p.
3. Leffingwell J. Flavor Properties of fema gras list 25 flavor chemicals. USA: Perfumer and flavorist, 2011. Vol. 36. 8 p.
4. Hui Y.H. Handbook of fruit and vegetable flavors: handbook. New Jersey: Wiley and Sons, 2010, 1095 p.
5. Lashko N.P., Vakulina D.S. Sorbtsiina aktyvnist pryrodnykh polisakharydiv u zviazuvanni aromatoutvoriuiuchykh rehovyn. Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Biolohichni nauky. Zaporizhzhia, 2009. №1. S. 138-143.
6. Lashko N.P., Yehorova Yu.V. Sorbtsiia aromatoutvoriuiuchykh rehovyn na biopolimernykh matrytsiakh. Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Biolohichni nauky. Zaporizhzhia, 2013. №1. S. 129-134.
7. Lashko N., Derevianko N., Dudarieva G. Binding of aromaforming cryo- and thermotropic jellies of gelatin and starch. *Chemistry and chemical tethnology*. Lviv, 2017. Vol 11, No 4. P. 480-486.
8. Akhmetov B.V., Novychenko Yu.P., Chapuryn V.Y. Fyzycheskaia y kolloydnaia khymyia. Lvov: «Khymyia», 1986. S. 30-31.
9. Korenman Y.M. Fotometrycheskyi analiz. Metody opredelenyia orhanycheskykh soedynenyi: 2-e yzd., per. y dop. M: «Khymyia», 1975. 360s.

Рецензенти: Мельникова О.З., доцент кафедри фізики ЗМУ

Синяєва Н.П., к.х.н., доцент кафедри хімії ЗНУ