

REFERENCES

1. Doklinichni doslidzhennja likars'kih zasobiv (metod. rekomend.) / [nauk. red. Stefanov O.V.]. – K., 2001. – 528 s.
2. Brazhko O.A. L – cistein – sinton dlja stvorennya biologichno aktivnih rechovin / O.A. Brazhko // Aktual'ni pitannya biologii, ekologii ta himii: Elektor. nauk. vid. – 2009. – T. 1, № 1. – S. 4 – 15.
3. Labens'ka I. B. Prognoz biologichnoi aktivnosti spoluk jak osnova dlja poshuku novih bioreguljatoriv v rjadu N-acil'nih pohidnih S-(2- metilhinolin-4-il)-L-cisteinu / I. B. Labens'ka // Pitannya bioindikacii ta ekologii. – 2013. – Vip. 18, № 2. – S. 314-324.
4. Quantitative prediction of antitarget interaction profiles for chemical compounds / [Zakharov A.V., Lagunin A.A., Filimonov D.A., Poroikov V.V.] // Chem. Res. Toxicol. – 2012 – №25. – P. 2378–2385.
5. Naukovo-praktichni rekomendacii z utrimannya laboratornih tvarin ta roboti z nimi / [Kozhemjakin Ju.M., Hromov O.S., Filonenko M.A. ta in.]. – K., 2002.– 55 s.
6. Prozorovskii, V. Tablichnyy ekspres-metod opredeleniya srednih effektivnyih mer vozdeystviya na biologicheskie ob'ekty. Toks. vestnik. – 1998.– № 1. – S. 28-32.
7. Prozorovskij V.B. Tablichnyj jekspres-metod opredelenija srednih jeffektivnyh mer vozdeystviya na biologicheskie ob'ekty / V. B. Prozorovskij // Toksikologicheskij vestnik. – 1998.– № 1. – S. 28-32.
8. Sintez ta antiradikal'na aktivnist' 6(8)-funkcional'no zami-shhenih N-acil-S-(2-metilhinolin-4-il)-L-cisteiniv / [Labens'ka I.B., Omel'janchik L.O., Brazhko O.A. ta in.] // Ukrainica Bioorganica Acta. – 2008. – T. 6, № 2. – S. 50-55.
9. Sidorov K.K. O klassifikatsii toksichnosti yadov pri parienteralnyih sposobah vvedeniya / K. K. Sidorov // Toksikologiya novyih promyshlennyih himicheskikh veschestv. – 1973. – № 13. – S. 47-51.
10. Himija ta biologichna aktivnist' 2(4)-tiohinoliniv i 9-tioakridiniv: [monografija] / Brazhko O. A., Omel'janchik L. O., Zavgorodnij M. P., Martinov'skij O.O. – Zaporizhzhja : Zaporiz'kij nac. universitet, 2013. – 239 s.
11. Smirnov A.V. Jantarnaja kislota i ee primenenie v medicine: Ch. I / A. V. Smirnov, O. B. Nesterova, R. V. Golubev // Nefrologija. – 2014. – № 2.– S. 33–41.
12. Patent 44791 UA, MPK S07D 215/00. Dinatrieva sil' N-sukcinoil-S-(6-etoksi-2-metilhinolin-4-il)-L-cisteinu, shho projavljae gepatoprotektivnu aktivnist' / [Labens'ka I.B., Brazhko O.A., Omel'janchik L.O. ta in.]. – № u200905369. Zajavl. 28.05.2009; Opubl. 12.10.2009. – Bjul. № 19.

УДК 544.723:547.554

СОРБЦІЯ ВАНІЛІНУ ТА ТИМОЛУ КРІОТЕКСТУРАТАМИ КУКУРУДЗЯНОГО КРОХМАЛЮ

Лашко Н.П., Урбанська Д.Ю.

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

ukrop7@gmail.com

Вивчено закономірності сорбції тимоли та ваніліну із водних розчинів кріотекстурами кукурудзяного крохмалю та вплив на неї низькомолекулярних темплітів – глюкози та цукрози. Експериментально встановлено, що темплітуючий ефект глюкози та цукрози призводить до зростання сорбційних властивостей кріотекстуратів кукурудзяного крохмалю в середньому в 1,4 разу. Показано, що зв'язування тимоли та ваніліну з водних розчинів описується ізотермою полімолекулярної адсорбції. Оптимальним темплітом є цукроза, яка призводила до зростання сорбційної здатності кріотекстуратів у середньому у 2 рази.

Підтверджено вплив структури молекул ароматичних речовин на їхню сорбційну здатність. Так, ароматичний альдегід ванілін зв'язується кріотекстурами в середньому в 1,3 разу більше порівняно з ароматичним спиртом тимолом.

Ключові слова: ванілін, тимол, кріотекстурати кукурудзяного крохмалю, сорбція, молекулярний імпринтинг.

Лашко Н. П., Урбанская Д. Ю. СОРБЦИЯ ВАНИЛИНА И ТИМОЛА КРИОТЕКСТУРАТАМИ КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА / Запорожский национальный университет, 69600, Украина, Запорожье, ул. Жуковского, 66

Изучены закономерности сорбции тимоло и ванилина из водных растворов криотекстуратами кукурузного крахмала и влияние на нее низкомолекулярных темплитов – глюкозы и сахарозы. Экспериментально установлено, что темплитирующий эффект глюкозы и сахарозы приводит к росту сорбционных свойств криотекстуратов кукурузного крахмала в среднем в 1,4 раза. Показано, что связывание тимоло и ванилина из водных растворов описывается изотермой полимолекулярной адсорбции. Оптимальным темплитом является сахароза, которая приводила к росту сорбционной способности криотекстуратов в среднем в 2 раза.

Подтверждено влияние структур молекул ароматических веществ на их сорбционную способность. Так, ароматический альдегид ванилин связывается криотекстуратами в среднем в 1,3 раза больше по сравнению с ароматическим спиртом тимолом.

Ключевые слова: ванилин, тимол, криотекстураты кукурузного крахмала, сорбция, молекулярный импринтинг.

Lashko N. P., Urbanskaya D. Yu. SORPTION OF VANILLIN AND THYMOL BY CRIOGENIC STRUCTURES OF CORNSTARCH / National university of Zaporizhzhya, 69600, Ukraine, Zaporizhzhya, Zhukovsky str., 66

Aromatics are an integral part of many foods because they considerably improve the organoleptic properties of the ready products and enhance their nutritional value.

Scientific and technical problems of creation of dry (solid) aromatics with intense, persistent aroma determine the necessity of studying the mechanisms and patterns of interaction of aromatic substances (odorants) with inert carriers.

Today we know that the degree of odorant binding depends on physical and chemical properties of both volatile organic compounds and inert matrix. The interaction of various starch polysaccharides and cryogenic structures of cornstarch with individual organic compounds and their mixtures was studied in a number of works. It was established that the volatile compounds get caught in the starch matrix due to the capillary and surface sorption, hydrogen bonds forming and inclusion complexes.

The pressing issue of today is the further study of the interaction mechanism in the system odorant-inert matrix and the search for new effective sorbents.

It is known that the conformation fixation of the starch polysaccharides in its cryogenic structure caused the increase in the sorption activity. In this regard the molecular insertion and imprinting that allow creating cryosponge gaps (empty spaces) with specific orientation of polysaccharides functional groups depending on the chemical nature of the insertion molecule are important.

The objectives of the research were the aromatic substances – thymol (3-hydroxy- isopropyltoluene), vanillin (3-methoxy-4-hydroxy benzaldehyde) and cryogenic structures of cornstarch.

Thymol concentration was determined by the photometric method technique at a wavelength of 410 nm according to the method [3]. Vanillin concentration was determined in one centimeter cuvettes by self-absorption at a wavelength of 280 nm on a spectrophotometer SF-46.

According to the results, the amount of absorbed thymol has grown with increase of the contact time of its solutions with the cryogenic structures. It reached its maximum value at the 120th minute. Adsorption equilibrium was established in the studied systems in 3 hours. Sorption activity increased in such range: cryogenic structure- cryogenic structure + glucose- cryogenic structure + sucrose. For example, at the 120th minute the general thymol binding in this range of cryogenic structures amounted accordingly to 28,4%, 48,3% and 56,8%. Insertion of the glucose into the cryogenic structure caused its sorption qualities to increase on average in 1.7 times and insertion of the sucrose – in 2.0 times.

The same trend persists during vanillin sorption. But the affinity of vanilla with cryogenic structures in all cases was significantly higher compared to thymol.

To describe thermodynamic processes of thymol and vanillin from the water solutions sorption isotherms were constructed. In all cases the isotherms were S-shaped. According to the Brunauer classification this type of isotherms is associated with polymolecular adsorption. The studied odorants had high affinity with cornstarch cryogenic structures, especially after the insertion process. Thus, the steepness of the sorption isotherms of odorants increased in the range: pure cryogenic structure - cryogenic structure + glucose - cryogenic structure + sucrose. Thymol and vanillin had maximum affinity with the cryosponge with insertions of sucrose (accordingly R =56,8; 68,2%). However, the steepness of the sorption

isotherms of vanillin suggests that it has higher affinity with cryogenic structures compared to thymol. It is also confirmed by the higher (in 1.3 times) indicators of general binding.

Thus, it is possible to make next conclusions: It was experimentally established that insertion effect of the low molecular substances, glucose and sucrose, cause the increase in the sorption properties of the cornstarch cryogenic structures on average in 1.4 times. It was shown that binding of thymol and vanillin from the water solutions is describes by the polymolecular adsorption isotherm. The best insertion is sucrose which causes increase in the cryogenic structures on average in 2 times. The influence of the molecule structures of aromatic substances on their sorption properties was confirmed. Thus, the presence of the methoxy- and aldehyde groups of vanillin increases its binding with the cryogenic structures on average in 1.3 times compared to thymol.

Key words: sorption, thymol, vanillin, cryogenic structure of cornstarch, molecular imprinting.

ВСТУП

Ароматизатори є невід'ємною частиною багатьох харчових продуктів, оскільки вони значно поліпшують органолептичні показники готової продукції та підвищують її поживну цінність [1].

Науково-технічні проблеми створення сухих (твердих) форм ароматизаторів, які б мали інтенсивний, стійкий аромат, зумовлюють необхідність вивчення механізмів і закономірностей взаємодії ароматичних речовин (одорантів) з інертним носієм.

Зараз відомо, що ступінь зв'язування одорантів залежить від фізико-хімічних властивостей як летких органічних сполук, так і інертної матриці. У низці праць досліджувалася взаємодія полісахаридів різних крохмалів та кріотекстуратів кукурудзяного крохмалю з індивідуальними органічними сполуками та їхніми сумішами [2-5]. Встановлено, що утримання летких сполук крохмальною матрицею відбувається за рахунок капілярної і поверхневої сорбції, утворення водневих зв'язків та комплексів включення. Крім того, було показано, що одоранти здатні утворювати супрамолекулярні комплекси (надмолекулярні асоціати) розміром до 0,3-0,5 мкм з полісахаридами кріотекстуратів за рахунок гідрофобних кооперативних взаємодій [6, 7]. Гідрофобний характер взаємодії одорантів з білковими термотропними драглями підтверджений в роботах [8, 9].

Актуальною проблемою сьогодні залишається вивчення механізму взаємодії в системі одорант – інертна матриця та пошук нових, ефективних сорбентів.

Відомо, що фіксація конформації полісахаридів крохмалю в його кріотекстураті призводила до зростання сорбційної активності. У зв'язку з цим актуальним є молекулярне темплітування та імпринтинг, яке дозволяє створювати в жорсткій текстурі кріогубки лакуни (пусті місця) з певною орієнтацією функціональних груп полісахаридів алежно від хімічної природи молекули темпліту. Імпринтинг (сорбція молекул ароматизаторів у лакуни після видалення темпліту) повинний призводити до значного зростання сорбційної активності кріотекстурату. Для харчових біополімерів відсутня достатня інформація про процеси молекулярного темплітування та імпринтингу у водних розчинах.

У зв'язку з цим мета роботи – вивчити вплив низькомолекулярних темплітів глюкози і цукрози на сорбційні властивості кріотекстуратів кукурудзяного крохмалю.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження були ароматичні речовини – тимол (3-гідрокси-ізопропілтолуен), ванілін (3-метокси-4-гідроксибензальдегід) та кріотекстурати кукурудзяного крохмалю.

У роботі використовували кристалічний препарат тимолу фірми-виробника BODRAS (Іспанія). Молекулярна маса тимолу складає 150,22, він слабкий електроліт і відноситься до ароматичних спиртів.

Кристалічний препарат ваніліну українського виробника ПП «УКРПРОДСЕРВІС» має молекулярну масу 152,15, він слабкий електроліт та відноситься до ароматичних альдегідів.

Крохмальні кріотекстурати готували за такою методикою: у хімічний стакан місткістю 300 мл поміщали 10 г крохмалю, додавали 190 мл води, ставили стакан на водяну баню, нагрівали до 90°C та витримували при цій температурі протягом 40 хв. При постійному перемішуванні. Одержаний золь крохмалю переливали в чашку Петрі, охолоджували до кімнатної температури і тримали 3 год (при $T = +5^{\circ}\text{C}$) та 24 год (при $T = -18^{\circ}\text{C}$). Після цього сформовані із золь кріотекстурати розморожували та витримували 16 год. При кімнатній температурі для встановлення рівноваги до початку проведення дослідів. Глюкозу або цукрозу додавали в охолоджений золь у кількості 4 г на 100 г золю і далі формували кріотекстурат, як вказано вище.

Для видалення сорбованих одорантів кріотекстурат крохмалю промивали 500 мл води (5 разів по 100 мл).

Концентрацію тимоли визначали фотометричним методом при довжині хвилі 410 нм згідно методики [10]. Концентрацію ваніліну визначали в односантиметрових кюветах за власним поглинанням при довжині хвилі 280 нм на спектрофотометрі СФ-46 (виробник ВАТ «Ломо», м. Ленінград).

Для характеристики кінетики сорбції наважку 1 г чистого або теплітованого кріотекстурату поміщали в 50 мл насичених розчинів – 0,08%-го тимоли або 1%-го ваніліну. При постійному струшуванні через кожні 20 хв відбирали по 1 мл розчину одоранту для визначення концентрації протягом 2 год 20 хв.

Сорбційну активність кріотекстуратів розраховували за такими показниками: ступінь вилучення (коефіцієнт загального зв'язування) R , % та коефіцієнт розподілення D , (відповідно до формул 1 та 2):

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

де: C_0 – початкова концентрація розчину одоранту, моль/л;

C – рівноважна концентрація розчину одоранту, моль/л;

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки

R – ступінь вилучення, %;

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

де: V – об'єм аналізованого розчину, мл

m – маса сорбенту (кріотекстурату), г

D – коефіцієнт розподілення

Для побудови ізотерм сорбції створювали концентраційний ряд розчинів тимоли з концентраціями 0,08%, 0,04%, 0,02%, 0,01%, 0,005% та розчинів ваніліну – 0,1%, 0,05%, 0,025%, 0,0125%, 0,00625%, 0,00313%.

Далі в пластикові контейнери місткістю 100 мл поміщали по 40 г 178 холодженого золю крохмалю, додавали 15 мл розчину одоранту певної концентрації, закривали кришками та витримували 16 год (при $T = -18^{\circ}\text{C}$). Після цього розморожували та витримували кріотекстурат протягом 16 год при кімнатній температурі для встановлення рівноваги до початку проведення дослідів. Водну фазу відділяли від кріотекстурату та аналізували на вміст одоранту.

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

$$\Gamma = \frac{C_0 - C}{m} \cdot V, \quad (3)$$

де: C_0 – початкова концентрація розчину одоранту, моль/л;

C – концентрація розчину одоранту після проведення сорбції, моль/л;

V – об'єм розчину одоранту, взятого для проведення сорбції, мл;

m – маса сорбенту (кріотекстурату), г.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Експериментальні результати визначення загального зв'язування тимолу та ваніліну із водних розчинів (R , %) та коефіцієнтів розподілення (D) залежно від часу сорбції представлені на рис. 1, 2 та в табл. 1.

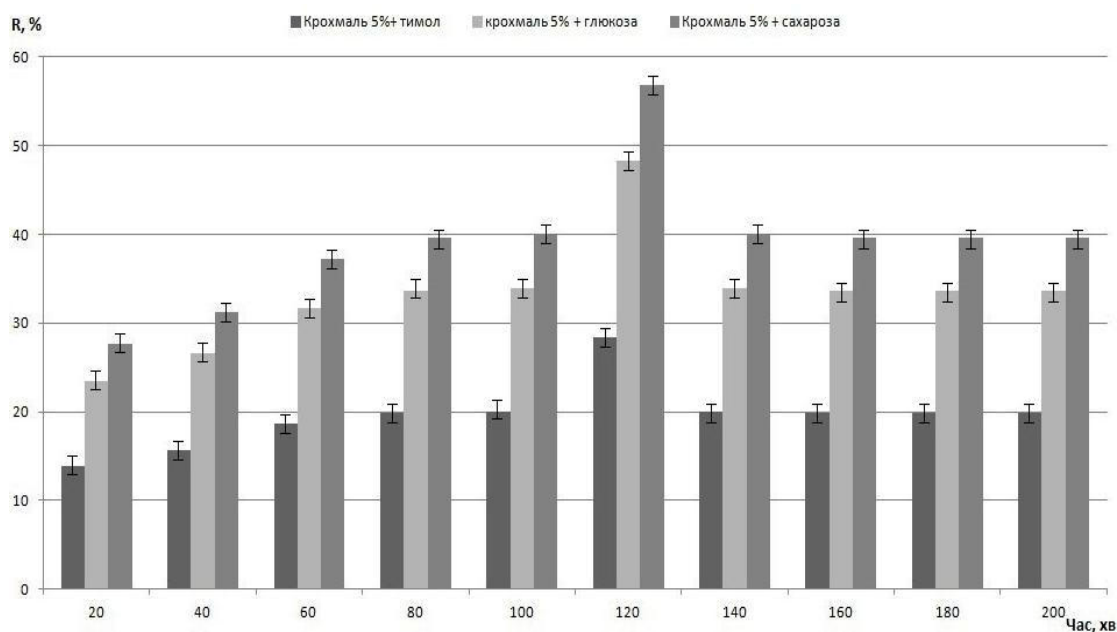


Рис. 1. Загальне зв'язування тимолу кріоекстуратами кукурудзяного крохмалю

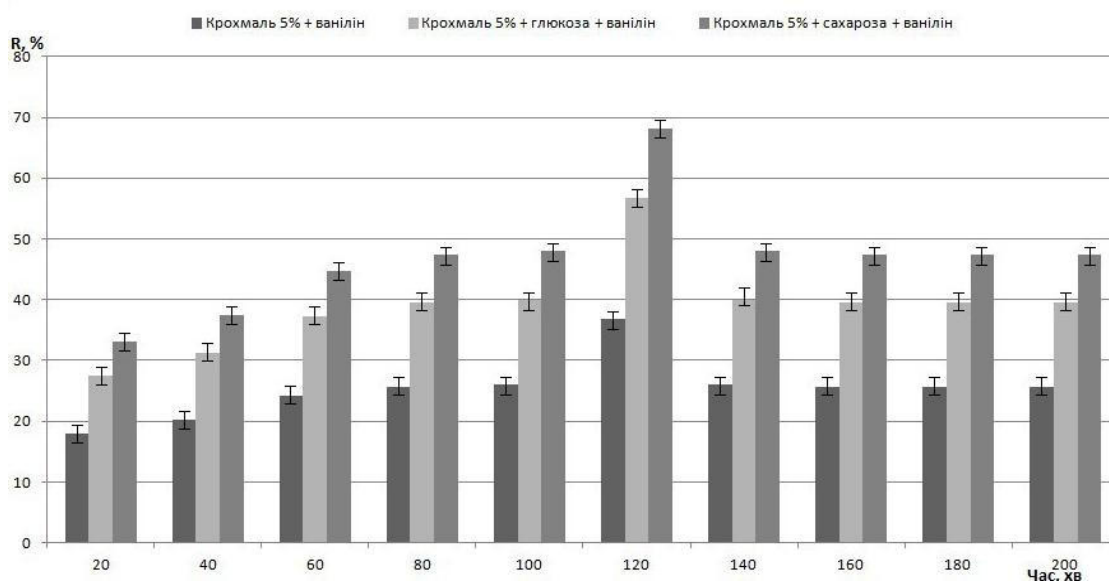


Рис. 2. Загальне зв'язування ваніліну кріоекстуратами кукурудзяного крохмалю

Таблиця 1 – Коефіцієнт розподілення (D) тимолу та ваніліну залежно від часу сорбції (P = 0,95, n = 3)

| Тривалість сорбції (Г), хв. | Коефіцієнт розподілення одоранту, D | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | Чистий кріотекстурат + одорант | | Кріотекстурат + глюкоза + одорант | | Кріотекстурат + цукроза + одорант | |
| | ТИМОЛ | ВАНІЛІН | ТИМОЛ | ВАНІЛІН | ТИМОЛ | ВАНІЛІН |
| 20 | 1,90±0,08 | 1,95±0,10 | 1,82±0,16 | 2,09±0,10 | 2,65±0,06 | 4,86±0,44 |
| 40 | 2,41±0,54 | 2,98±0,11 | 2,65±0,45 | 2,09±0,11 | 3,45±0,67 | 5,67±0,69 |
| 60 | 3,98±0,58 | 4,95±0,54 | 4,15±0,44 | 4,95±0,54 | 4,69±0,66 | 6,40±0,76 |
| 80 | 4,25±0,62 | 5,72±0,60 | 6,14±0,37 | 6,72±0,60 | 6,27±0,64 | 7,48±0,76 |
| 100 | 5,65±0,64 | 6,69±0,69 | 8,20±0,36 | 7,69±0,69 | 7,99±,063 | 8,15±0,82 |
| 120 | 6,71±0,66 | 7,06±0,73 | 9,07±0,37 | 8,06±0,73 | 9,99±,064 | 9,22±0,92 |
| 140 | 4,18±0,58 | 5,64±0,60 | 6,1±0,37 | 6,68±0,54 | 6,11±0,61 | 7,41±0,73 |
| 160 | 3,53±0,52 | 4,25±0,53 | 4,08±0,41 | 4,9±0,52 | 4,32±0,64 | 6,41±0,73 |
| 180 | 3,52±0,52 | 4,23±0,52 | 4,09±0,42 | 4,91±0,52 | 4,31±0,64 | 6,42±0,73 |

Згідно з результатами, кількість сорбованого тимолу зростала зі збільшенням часу контакту його розчинів із досліджуваними кріотекстуратами, досягаючи максимального значення на 120 хв, далі поступово знижуючись до практично постійної величини на 180 хв у всіх випадках. Адсорбційна рівновага встановлювалася в досліджуваних системах через 3 год. Сорбційна активність кріотекстуратів зростала в ряду: кріотекстурат – кріотекстурат + глюкоза – кріотекстурат + цукроза. Так, наприклад, на 120 хвилині загальне зв'язування тимолу в цьому ряді кріотекстуратів складало відповідно 28,4%, 48,3% та 56,8%. Темплітування кріотекстурата глюкозою призводило до зростання його сорбційних властивостей у середньому в 1,7 разу, а темплітування цукрозою – у 2,0 рази.

Така сама тенденція зберігалася при сорбції ваніліну. Але спорідненість ваніліну до кріотекстуратів у всіх випадках була значно вищою порівняно з тимолом. Наприклад, на 120 хвилині загальне зв'язування ваніліну в ряду: кріотекстурат – кріотекстурат + глюкоза – кріотекстурат + цукроза складало відповідно 36,9%, 56,8% та 68,2%, що в середньому було в 1,3 разу більше ніж у тимолу.

Згідно з результатами кількість зв'язаного тимолу зростала нелінійно зі збільшенням його концентрації у всіх досліджуваних випадках (рис. 3).

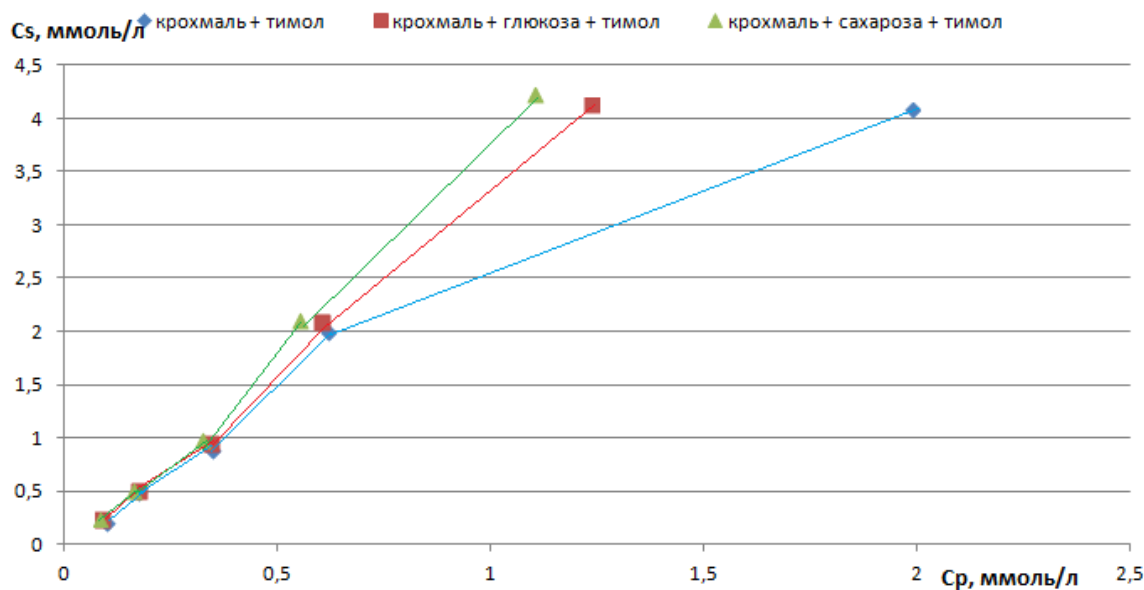


Рис. 3. Залежність кількості зв'язаного тимолю (C_s) криотекстуратами від його початкової концентрації (C_0)

При однакових вихідних концентраціях тимолю ($C_0=5,33$ ммоль/л) криогубка, темплітована цукрозою, зв'язувала 79,4% вихідного тимолю, темплітована глюкозою, – 78%, без темпліту – 70,7%.

Залежність зв'язаного ваніліну від його початкової концентрації мала лінійний характер, і ступінь зв'язування тут був значно вищим (рис. 4).

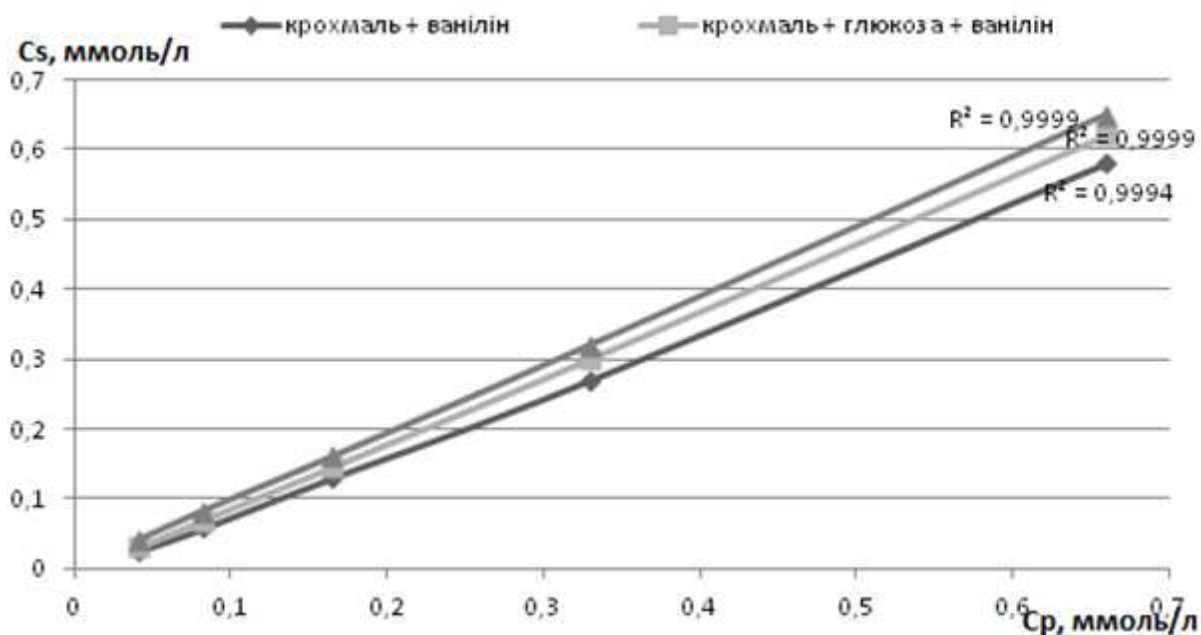


Рис. 4. Залежність кількості зв'язаного ваніліну (C_s) криотекстуратами від його початкової концентрації (C_0)

Так, при однакових вихідних концентраціях ваніліну ($C_0 = 0,66$ ммоль/л) криогубка, темплітована цукрозою, сорбувала 98% вихідного ваніліну, темплітована глюкозою, – 91%, без темпліту – 80,1%.

Для термодинамічної характеристики процесів сорбції одорантів із водних розчинів були побудовані ізотерми сорбції в координатах: концентрація сорбованого одоранту (Γ , моль на 1 г сорбенту) – рівноважна концентрація одоранту (C_r , ммоль/л). Ізотерми сорбції тимолу і ваніліну наведено на рис. 5 та 6.

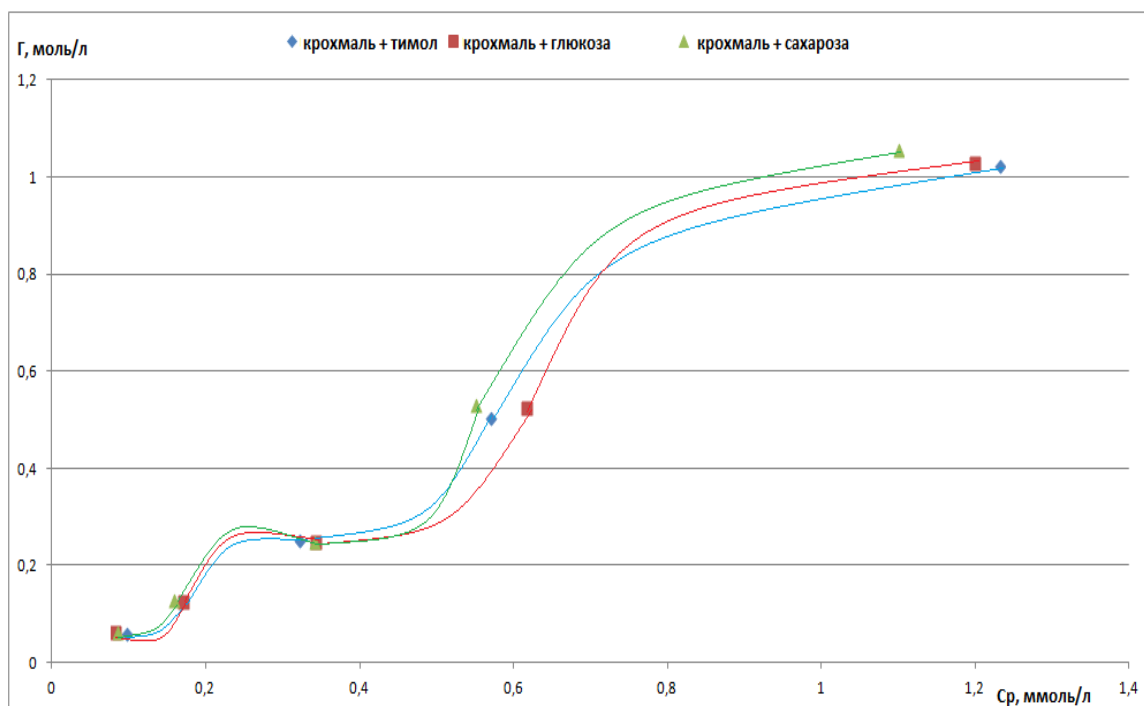


Рис. 5. Ізотерми сорбції тимолу кріотекстуратами кукурудзяного крохмалю

Форма ізотерм залежала від ступеня зв'язування одорантів досліджуваними кріотекстуратами. Ізотерми у всіх випадках мали S-подібну форму. Згідно з класифікацією Брунауера такий тип ізотерм пов'язаний з полімолекулярною адсорбцією [7].

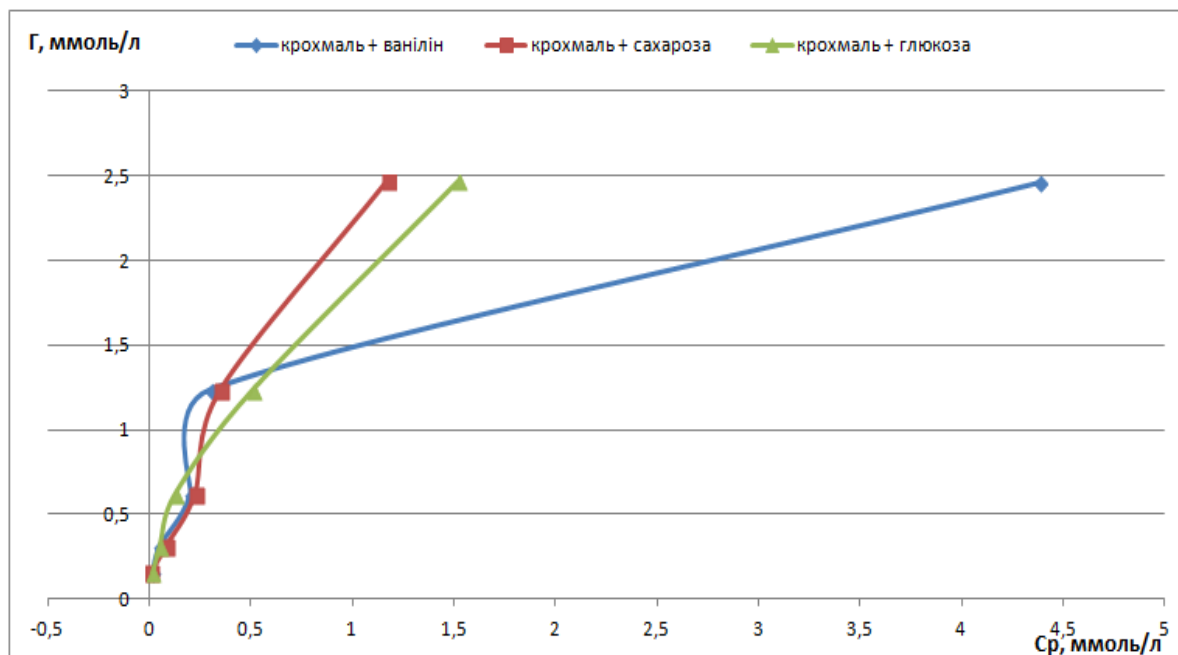


Рис. 6. Ізотерми сорбції ваніліну кріотекстуратами кукурудзяного крохмалю

Характерним для неї є те, що енергія взаємодії адсорбент-адсорбат більша за енергію взаємодії адсорбат-адсорбат, тобто досліджувані одоранти мають високу спорідненість

до кріотекстуратів кукурудзяного крохмалю, особливо після обробки їх темплітами. Так, крутизна ізотерм сорбції одорантів зростала в ряду: чистий кріотекстурат – кріотекстурат + глюкоза – кріотекстурат + цукроза. Максимальну спорідненість тимол і ванілін мали до кріогубки темплітованої цукрозою (відповідно $R = 56,8; 68,2\%$) Проте крутизна ізотерм сорбції ваніліну свідчить про більш високу його спорідненість до кріотекстуратів порівняно з тимолом, що також підтверджується більшими в середньому в 1,3 рази показниками загального зв'язування.

Можна припустити, що зростання сорбційних властивостей темплітованих кріогубок відбувається завдяки утворенню в них лакун після вимивання водою темпліту. Лакуни утворюються на стадії формування кріогубок, їхня структура та оточення функціональних груп зумовлені хімічною структурою темпліту. Швидше за все, взаємодія досліджуваних темплітів з амілозою та амілопектином крохмалю відбувається за рахунок утворення водневих зв'язків між ОН-групами цукридів-темплітів та полісахаридів крохмалю. Розміри лакун цукрози повинні бути вдвічі більшими, а сорбційні властивості вищими ніж у глюкози при однакових вихідних концентраціях, що й підтверджують експериментальні дані.

Перспективою подальшої роботи є пошуки нових ефективних матриць для створення ряду стабільних ароматизаторів.

ВИСНОВКИ

1. Експериментально встановлено, що темплітуючий ефект низькомолекулярних речовин – глюкози та цукрози призводить до зростання сорбційних властивостей кріотекстуратів кукурудзяного крохмалю в середньому в 1,4 рази.
2. Показано, що зв'язування тимола та ваніліну із водних розчинів описується ізотермою полімолекулярної адсорбції. Оптимальним темплітом є цукроза, яка призводила до зростання сорбційної здатності кріотекстуратів у середньому в 2 рази.
3. Підтверджено вплив структур молекул ароматичних речовин на їх сорбційну здатність. Так, ароматичний альдегід ванілін зв'язується кріотекстуратами в середньому в 1,3 рази більше ніж ароматичний спирт тимол.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цыганова Т. Б. Пищевые ароматизаторы кондитерских изделий / Т. Б. Цыганова, Л. Г. Кузнецова. – С.-П. : ГИОРД, 2010. – 193 с.
2. Андриенков В. А. Связывание компонентов эфирных масел различными нативными крахмалами / В. А. Андриенков, А. Н. Полшков, Т. А. Мишарина // Пищевая промышленность. – 2001. – № 10. – С. 63-65.
3. Мишарина Т. А. Газохроматографическое определение сорбции ароматообразующих веществ кріогубками крахмала / Т. А. Мишарина, Р. В. Головня // Известия РАН. – 1998. – № 2. – С. 310-313
4. Связывание ароматических соединений полисахаридами кукурузного крахмала / [Крикунова Н. И., Теренина М. Б., Ручкина Е. Л., и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42. – № 3. – С. 379-382.
5. Состав летучих компонентов белых грибов и вешенки / [Мишарина Т. А., Мухутдинова С. М., Жарикова Г. Г. и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2009. – Т. 45. – № 2. – С. 207-213.
6. Теренина М. Б. Связывание компонентов смеси эфирных масел кріотекстуратами кукурузного крахмала / М. Б. Теренина, Т. А. Мишарина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2005. – Т. 41. – № 4. – С. 463-469.

7. Филатова А. Г. Анализ микроструктуры водных крахмальных систем методами электронной микроскопии: дис. ... кандидата хим. наук : спец. 02.00.02 Аналитическая химия / Филатова Анна Григорьевна. – М., 2000. – 95 с.
8. Лашко Н. П. Сорбція ароматоутворюючих речовин на біополімерних матрицях / Н. П. Лашко, Ю. В. Єгорова // Вісник ЗНУ. Серія: біологічні науки. – 2013. – № 1. – С. 129-134.
9. Лашко Н. П. Зв'язування ароматоутворюючих речовин простими та наповненими драглями желатину / Н. П. Лашко, Т. А. Гасанова // Вісник ЗНУ. Серія : біологічні науки. – 2014. – № 2. – С. 236-244.
10. Коренман И. М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / Коренман И. М. – М. : Химия, 2001. – 205 с.

REFERENCES

1. Cyhankova T. B. Pischevye aromatizatory konditerskih izdeliy / T.B. Cyhankova, L.G. Kuznecova. – S.-P. : NIORD, 2010. – 193 s.
2. Andrienkov V.A. Svyazyivanie komponentov efirnyih masel razlichnyimi nativnyimi krahmalami / V.A. Andrienkov, A.N. Polshkov, T.A. Misharina // Pischevaya promyshlennost. – 2001. – № 10. – S. 63-65.
3. Misharina T. A. Gazohromatograficheskoe opredelenie sorbtsii aromatoobrazuyuschih veschestv kriogubkami krahmala / T.A. Misharina, R.V. Golovnya // Izvestiya RAN. – 1998. – № 2. – S. 310-313
4. Svyazyvanie aromaticeskikh soedineniy polisakharidami kukuruznogo krakhmala / [Krikunova N. I., Terenina M. B., Ruchkina E. L., i dr.] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. – 2006. – T. 42. – № 3. – S. 379-382.
5. Sostav letuchikh komponentov belykh gribov i veshenki / [Misharina T. A., Mukhutdinova S. M., Zharikova G.G. i dr.] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. – 2009. – T. 45. – № 2. – S. 207-213.
6. Terenina M.B. Svyazyvanie komponentov smesi efirnykh masel krioteksturatami kukuruznogo krakhmala / M.B. Terenina, T.A. Misharina // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. – 2005. – T. 41. – № 4. – S. 463-469.
7. Filatova A. G. Analiz mikrostruktury vodnykh krakhmal'nykh sistem metodami elektronnoy mikroskopii : dis.... kandidata khim. nauk : spec. 02.00.02 Analiticheskaya khimiya / Filatova Anna Grigor'yevna. – M., 2000. – 95 s.
8. Lashko N. P. Sorbtsiya aromatoutvoryuyuchikh rechovin na biopolimernikh matritsyakh / N. P. Lashko, Yu. V. Egorova // Visnik Zaporiz'kogo natsional'nogo universitetu. Biologichni nauki – 2013. – № 1. – S. 129-134.
9. Lashko N. P. Zv'yazuvannya aromatoutvoryuyuchikh rechovin prostimi ta napovnenimi draglyami zhelatinu / N. P. Lashko, T. A. Gasanova // Visnik Zaporiz'kogo natsional'nogo universitetu. Biologichni nauki. – 2014. – № 2. – S. 236-244.
10. Korenman I. M. Fotometricheskyy analiz. Metodyi opredeleniya organicheskikh soedineniy / Korenman I. M. – M. : Hymiya, 2001. – 205 s.