

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІКРОБНИХ І РОСЛИННИХ  
ПОЛІСАХАРИДНИХ СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧІВ**

Проведено порівняльне дослідження фізико-хімічних характеристик структуроутворювачів мікробного (камедь ксантану, ксампан) та рослинного (камедь гуару, коньячний манан) походження. Серед них найкраща початкова в'язкість властива ксантану  $\sigma$  ( $1544 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ) та коньячному манану ( $5000 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ). Показано, що за молекулярно-масовими характеристиками найбільший відсоток високомолекулярних фракцій має ксантанова камедь (74,3 %), ксампан (39 %) та коньячний манан (42,1 %). Встановлено, що у складі структуроутворювачів у різних співвідношеннях присутні маноза, глюкоза та галактоза, а також неідентифіковані речовини.

*Ключові слова:* в'язкість, молекулярно-масовий розподіл, моносахаридний склад, ксампан, коньячний манан, гуарова та ксантанова камеді.

Природні регулятори консистенції, або структуроутворювачі, широко використовуються у різних сферах діяльності людини, в тому числі у медицині, сільському господарстві, текстильній, хімічній (побутова хімія), нафтовій та харчовій промисловостях [3]. Попит на природні структуроутворювачі неухильно зростає, зокрема найбільш інтенсивно вони використовуються у харчовій промисловості [3, 4, 5, 6]. Для цілеспрямованої зміни властивостей напівфабрикатів та формування необхідних реологічних властивостей готових продуктів використовуються структуроутворювачі рослинного – агар-агар, камедь гуара, камедь рожкового дерева, камедь тара, карагенани тощо, тваринного – желатин та мікробного – камедь ксантану (ксантан) походження [4, 5, 6, 10, 13]. За хімічною природою більшість із них – полісахариди [4, 11, 12]. Виключення складає лише желатин, що має білкову природу. Найбільш поширеними на ринку харчових добавок України є камедь ксантану та камедь гуару. В останні роки все більше уваги приділяється використанню галакто і глюкомананів, до яких належить і коньячний манан [10]. Саме тому метою наших досліджень був порівняльний аналіз фізико-хімічних властивостей найбільш поширених на ринку України структуроутворювачів рослинного (камедь гуару, коньячний манан) та мікробного (камедь ксантану) походження з відомими вітчизняними та закордонними аналогічними регуляторами консистенції.

**Матеріали і методи.** Об'єктами досліджень були наступні структуроутворювачі: ксампан В-7001 (виробник Україна, ІМВ НАН України, ТУ 88-105-001-2000) [8], ксантанова камедь (виробник Китай, Shandon Fufeng Fermentation Co. Ltd), гуарова камедь (виробник Китай, Shandon Fufeng Fermentation Co. Ltd) та коньячний манан (виробник Китай, Shandon Fufeng Fermentation Co. Ltd). Як стандарти також використовували: ксантан  $\sigma$  (виробник Німеччина, Sigma), ксантан Родопол Р-23 (виробник Франція, Rhone-Polenc) та ксантан FN (виробник Німеччина, Lohman).

Вимірювання ефективної в'язкості проводили на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» при температурі  $20^\circ\text{C}$  і швидкості зсуву ( $3-1312 \text{ с}^{-1}$ ). Напругу зсуву (для кожної швидкості обертання) визначали за формулою  $\tau = Z \times \alpha$ , де  $Z$  – константа циліндра ( $10^{-1}$ ),  $\alpha$  – показник індикаторного приладу (поділка шкали). Значення швидкості деформації ( $D_r, \text{с}^{-1}$ ) на кожному приладі для кожної пари вимірювальних циліндрів наведено в його технічній характеристиці. Ефективну в'язкість системи (в  $\text{мПа} \cdot \text{с}$ ) визначали за формулою:  $\eta_e = \tau \times 100 / D_r$ . Для аналізу використовувалися 1% розчини структуроутворювачів [2].

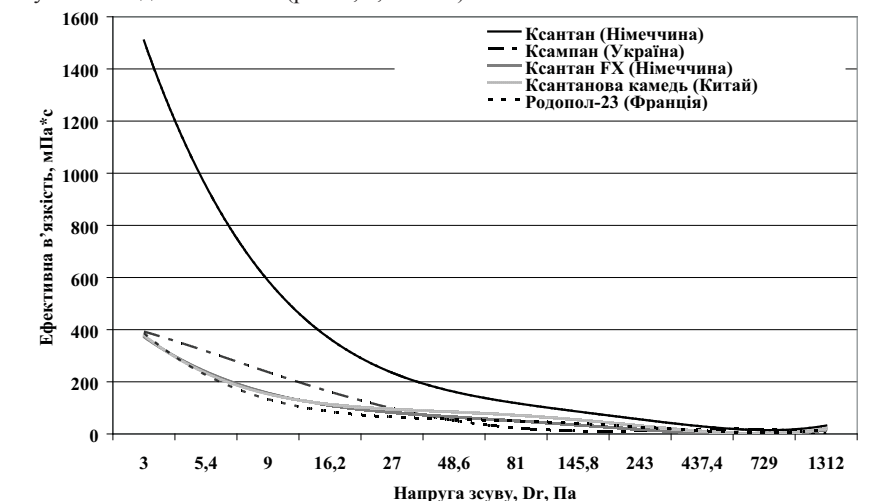
Визначення молекулярно-масового розподілу (ММР) досліджуваних структуроутворювачів здійснювали за розробленим нами раніше методом центрифугування у градієнті густини солей  $\text{NaCl}$  і  $\text{CsCl}$  з  $\rho = 1,003-1,2$  та  $1,4-1,6 \text{ г/см}^3$ . Як маркери використовували декстрини фірми «Fluca» з молекулярними масами  $15 \cdot 10^3, 20 \cdot 10^3, 40 \cdot 10^3, 70 \cdot 10^3, 110 \cdot 10^3, 500 \cdot 10^3, 2000 \cdot 10^3 \text{ Да}$ . Після центрифугування відбирали фракції об'ємом 0,5 мл. У фракціях визначали вміст вуглеводів фенольно-сірчанним методом. За цими даними будували криві молекулярно-масового розподілу структуроутворювачів [15].

Середньовагову молекулярну масу обчислювали за формулою, запропонованою Орловим [15]  $M_w = M_1 n_1^2 / M_1 n_1$ ,  $n_1$  – частка речовини у загальній молекулярній масі,  $M_1$  – значення молекулярної маси цієї речовини за стандартами.

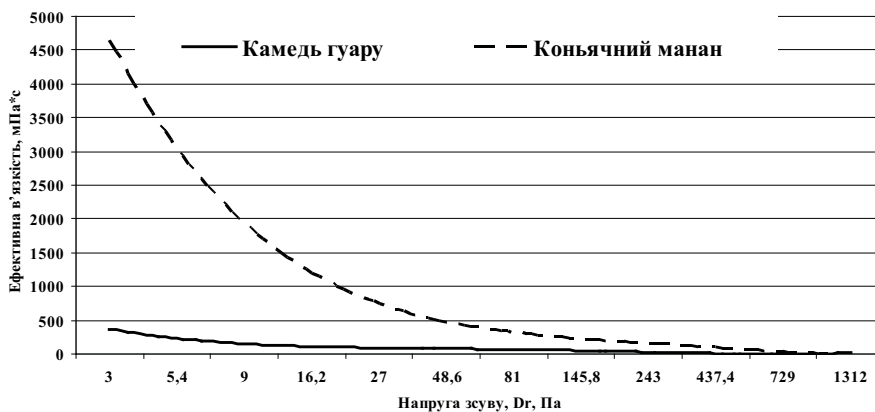
Колівальні спектри досліджували у таблетках КВг та визначали за допомогою ІЧ-спектрофотометра SPECORD IR-75 в інтервалі хвильових чисел 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ .

Визначення моносахаридного складу проводили методом газової хроматографії на хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973 *inert* (США) з мас-спектрометричним детектором. Колонка DB-225 MS. Температура випарювача – 250  $^{\circ}\text{C}$ , температурний режим колонки – 220  $^{\circ}\text{C}$ . Газ-носії – гелій, швидкість потоку 1 мл/хв. Для цього структуроутворювачі попередньо гідролізували у 2н НСІ, протягом 5-6 год при 103-105  $^{\circ}\text{C}$ . Аналіз нейтральних полісахаридів проводили у вигляді ацетатів поліолів. Вуглеводи ідентифікували порівнянням часу затримання ацетатів поліолів дослідних та стандартних зразків. Кількісний вміст компонентів розраховували за площами піків ацетатів поліолів відносно внутрішнього стандарту – адекватних стандартів вуглеводів [1].

**Результати та їх обговорення.** Встановлено, що всі досліджені полімери підпорядковуються законам течії неньютонівських рідин, їх в'язкість не залишається постійною, а залежить від швидкості зсуву (рис. 1, а, б). Так, найкращі реологічні властивості при початковій швидкості зсуву ( $D\dot{\gamma}=3 \text{ c}^{-1}$ ) з досліджених ксантанів має ксантан  $\sigma = 1544 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ . В'язкість інших досліджених ксантанів за аналогічних умов становить приблизно 400  $\text{мПа}\cdot\text{с}$ . Натомість, при максимальній швидкості зсуву ( $D\dot{\gamma}=437,2 \text{ c}^{-1}$ ) найвищі показники в'язкості має ксантанова камедь – 35,5  $\text{мПа}\cdot\text{с}$  та ксампан – 30,4  $\text{мПа}\cdot\text{с}$ . Показники в'язкості для інших ксантанів коливаються у межах від 18-20  $\text{мПа}\cdot\text{с}$  (рис. 1, а, табл. 1).



а



б

Рис. 1. Ефективна в'язкість різних структуроутворювачів: а – мікробного, б – рослинного походження.

Серед структуроутворювачів рослинного походження найкращі реологічні властивості за початкової швидкості зсуву ( $D\dot{\gamma}=3 \text{ c}^{-1}$ ) має коньячний манан – 5000 мПа·с. За максимальної швидкості зсуву ( $D\dot{\gamma}=437,2 \text{ c}^{-1}$ ) в'язкість коньячного манану становить 40,2 мПа·с, що підтверджує відому з літератури високу в'язкість даного полімеру [10].

Натомість, в'язкість гуарової камеді за мінімальної швидкості зсуву ( $D\dot{\gamma}=3 \text{ c}^{-1}$ ) становить лише 385,3 мПа·с, а за максимальної швидкості зсуву – 8,0 мПа·с. (рис. 1 б).

Слід зазначити, що найкращі в'язкісні характеристики за мінімального механічного навантаження притаманні ксантану  $\sigma$  та коньячному манану, які при збільшенні навантаження дуже швидко їх втрачають. Натомість, гуарова та ксантанова камеді, ксампан та решта стандартних ксантанів хоча і мають гірші реологічні властивості за початкового механічного навантаження, але при підвищенні навантаження вони втрачають свою в'язкість повільніше, що свідчить про їх високу пластичність (рис. 1 а, б) [5].

Реологічні властивості усіх досліджених ксампанів корелюють із їх молекулярно-масовими характеристиками. Так, найбільший відсоток високомолекулярних фракцій має ксантанова камедь та ксампан (рис. 2 а). Нами також відмічений зв'язок між молекулярно-масовими характеристиками структуроутворювачів рослинного походження та їх реологічними властивостями. Зокрема, як видно з рис. 2 б, коньячний манан має значно вищий, порівняно з гуаровою камеддю, відсоток високомолекулярних фракцій (табл. 1).

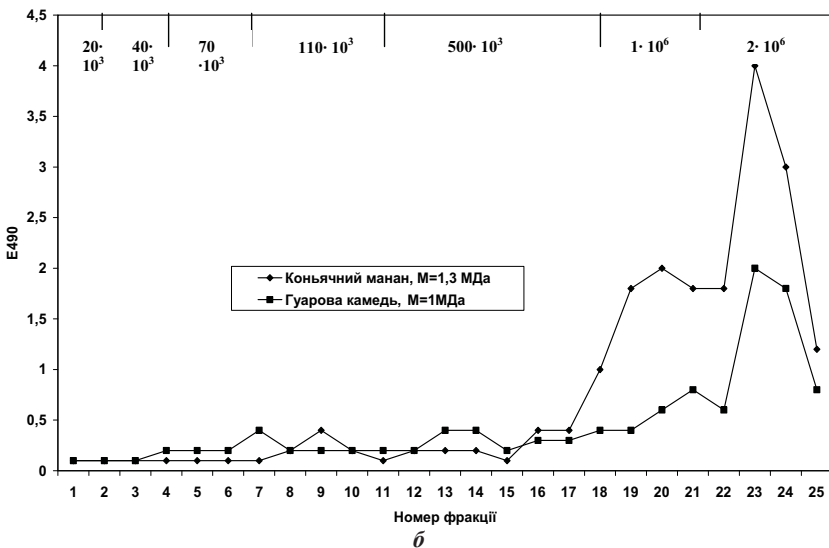
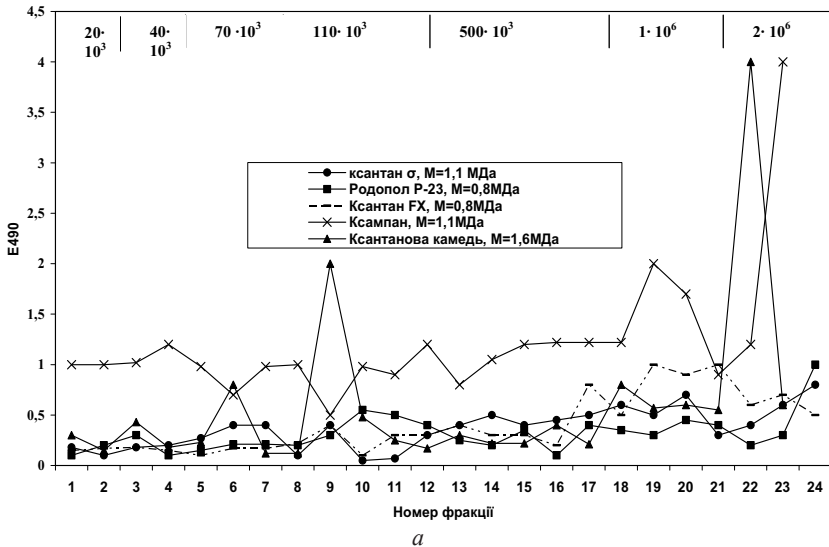


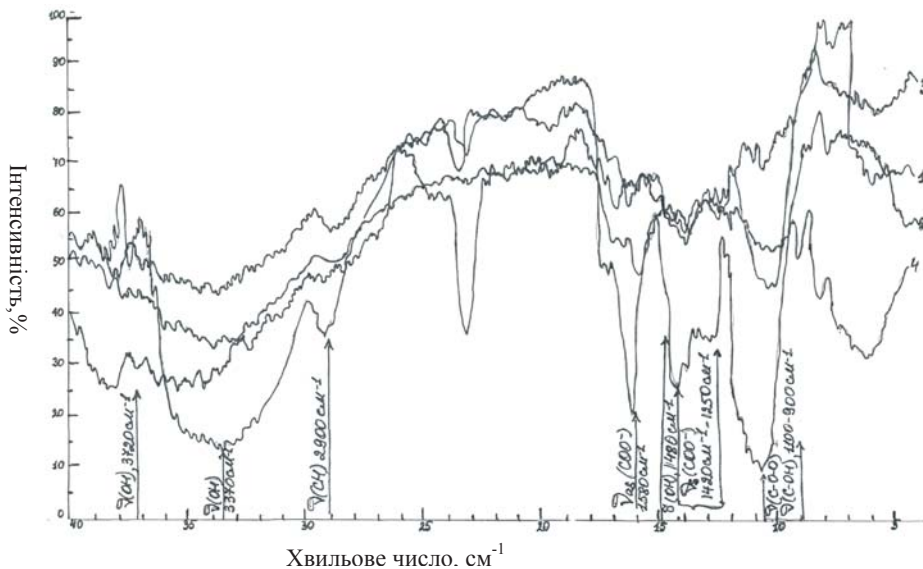
Рис. 2. Молекулярно-масовий розподіл різних структуроутворювачів: а – мікробного та б – рослинного походження

**Гідродинамічні характеристики структуроутворювачів рослинного і мікробного походження**

Структуроутворювач	$\eta_{\text{эф.}}$ , мПа·с		$M_w \cdot 10^6$ , Да	ММР, % (за стандартами ММ), Да						
	$Df=3$ с <sup>-1</sup>	$Df=437,2$ с <sup>-1</sup>		20·10 <sup>3</sup>	40·10 <sup>3</sup>	70·10 <sup>3</sup>	110·10 <sup>3</sup>	500·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>6</sup>	2·10 <sup>6</sup>
Ксантан $\sigma$	1544	19,8	1,06	1,2	3,5	3,3	8,0	22,5	30,5	32,0
Родопол-23	385	7,9	0,8	4,0	4,0	6,0	16,0	27,0	24,0	20,0
Ксампан	400	30,4	1,1	3,0	3,0	1,0	4,0	11,0	39,0	39,0
Ксантанова камедь	400	35,5	1,6	2,2	2,9	4,4	5,0	4,9	6,2	74,3
Ксантан FN	385	6,3	0,8	9,0	9,8	9,0	10,5	20,1	16,0	25,5
Коньячний манан	5000	40,2	1,3	0,9	0,9	6,6	10,0	19,4	19,4	42,7
Гуарова камедь	385,3	8,0	1,0	0,9	0,9	1,3	8,3	26,6	30,0	30,6

Оскільки найбільш розповсюдженими структуроутворювачами на українському ринку є ксантанова та гуарова камеді (Китай), а також коньячний манан (Китай), ми провели подальший порівняльний аналіз їх фізико-хімічних властивостей з вітчизняним екзополісахаридом мікробного походження ксампаном (Україна).

Як видно зі ІЧ-спектру (рис. 3), серед усіх досліджених структуроутворювачів найбільш характерні піки спостерігаються у ксампану, ксантанової і гуарової камедей, які виявлені при частоті коливання 3740 см<sup>-1</sup>, яка характерна для валентних коливань вільних гідроксильних груп.



**Рис. 3. ІЧ-спектри різних структуроутворювачів:**

**1-коньячний манан; 2-гуарова камедь; 3-ксантанова камедь; 4-ксампан.**

Слід також зазначити, що для ксампанової та гуарової камедей, а також коньячного манану найбільш вираженими є піки, які відповідають валентним коливанням зв'язаних гідроксильних груп. Ці структуроутворювачі також мали найбільш характеристичні коливання у діапазоні частот від (1100 до 900) см<sup>-1</sup>, що властиво для валентних коливань ефірних та гідроксильних груп (рис. 3). Отже, на основі аналізу ІЧ-спектрів досліджених структуроутворювачів можна зазначити, що всі вони мають високу реакційну здатність (рис. 3). Але можна припустити, що найкраща адсорбуюча здатність властива ксампану, оскільки він має найбільш характерну інтенсивність поглинання при частоті коливання 3740 см<sup>-1</sup>, що відповідає валентним коливанням вільних гідроксильних груп, які є найбільш реакційно здатнішими (рис. 3). Одержані нами дані не суперечать літературним, оскільки відомо, що ксантани здатні виступати у ролі сорбентів [14], зокрема зв'язувати та виводити з організму радіонукліди [9].

Подальший аналіз із використанням газової хроматографії встановив, що найбільшу кількість сторонніх неідентифікованих речовин у своєму складі (а саме  $20,53 \pm 1,03\%$ ) містить ксантанова камедь (табл. 2). Основним структурним компонентом ксантанової камеді є глюкоза –  $78,09 \pm 2,22$  і у незначні кількості маноза ( $1,38 \pm 0,01\%$  від загальної площі піків) (табл. 2). Згаданий вище суттєвий вміст у складі даного структуроутворювача неідентифікованих речовин робить небажаним його використання у харчовому раціоні людей, схильних до алергічних реакцій та дітей [7].

Основними структурними компонентами гуарової камеді є маноза ( $58,44 \pm 0,14\%$ ), галактоза ( $35,22 \pm 0,65\%$ ) та невелика кількість глюкози ( $2,86\%$ ). Одержані результати узгоджуються з літературним, згідно з якими основними компонентами лінійного ланцюгу гуарової камеді є маноза та галактоза у співвідношенні 2:1 [13]. Кількість неідентифікованих речовин у складі цього структуроутворювача становить  $3,48 \pm 0,01\%$  (табл. 2).

Як видно з табл. 2, найбільш хімічно чистим є коньячний манан, оскільки у його складі відсутні неідентифіковані речовини, а основними компонентами є маноза ( $76,32 \pm 1,05\%$ ) та глюкоза ( $23,68 \pm 0,83\%$ ), що не суперечить літературним даним, згідно з якими він має у своїй структурі D-манозу та D-глюкозу (у співвідношенні 8:5), з'єднаних 1-4  $\beta$ -глюкозидним зв'язком [11].

Таблиця 2

### Моносахаридний склад різних структуроутворювачів

Назва структуроутворювача	Сполука, її вміст у % від загальної площі піків			
	маноза	глюкоза	галактоза	Неідентифіковані речовини
Ксантанова камедь (Китай)	$1,38 \pm 0,01$	$78,09 \pm 2,22$	–	$20,53 \pm 1,03$
Гуарова камедь	$58,44 \pm 0,14$	$2,86 \pm 0,01$	$35,22 \pm 0,65$	$3,48 \pm 0,01$
Коньячний манан	$76,32 \pm 1,05$	$23,68 \pm 0,83$	–	–
Ксампан (Україна)	$42,33 \pm 0,52$	$52,11 \pm 1,16$	–	$5,56 \pm 0,01$

**Примітка:** символом “–” позначена відсутність у складі структуроутворювача певного моносахариду.

Майже рівне співвідношення цих моносахаридів у своєму складі має ксампан (маноза –  $42,33 \pm 0,52$  та глюкоза –  $52,11 \pm 1,16\%$ ). Такий практично еквівалентний вміст глюкози та манози у формулі ксампану підтверджують і визначені раніше молярні співвідношення даних моносахаридів у складі екзополісахаридів патоварів виду *Xanthomonas campestris* [3]. Вміст неідентифікованих компонентів у складі даного полімеру складає  $5,56 \pm 0,015\%$  (табл. 1).

Отже, нами показано, що за рядом фізико-хімічних характеристик структуроутворювачі рослинного та мікробного походження є різними. Серед структуроутворювачів мікробного походження, які переважають на ринку України, найкращі молекулярно-масові характеристики (вміст високомолекулярних фракцій), а значить і в'язкісні характеристики мають ксантанова камедь, а серед рослинних структуроутворювачів – коньячний манан. Не поступається за цими показниками і вітчизняний полісахарид ксампан. За даними ІЧ-спектроскопії як рослинні, так і мікробні структуроутворювачі мають високу реакційну здатність. За моносахаридним складом структуроутворювачі рослинного та мікробного походження різняться. Крім того, у складі більшості з них, за виключенням коньячного манану, виявлені неідентифіковані речовини, що обмежує можливість їх використання у харчовому раціоні людей, схильних до алергічних реакцій та дітей. Так, найменшу кількість сторонніх неідентифікованих компонентів серед структуроутворювачів мікробного походження має вітчизняний ксампан. Також відсутні ці компоненти у складі рослинного структуроутворювача – коньячного манану. Слід зазначити, що хоча за рядом фізико-хімічних характеристик вітчизняний ксампан не поступається закордонним аналогам, на жаль, успішному його просуванню на вітчизняні та закордонні ринки харчових добавок перешкоджає відсутність налагодженого промислового виробництва на території України.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИКРОБНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДНЫХ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

### **Резюме**

Проведено сравнительное исследование физико-химических характеристик структурообразователей растительного (камедь гуара, коньячный маннан) и микробного (камедь ксантана) происхождения. Среди них лучшая начальная вязкость свойственна ксантану  $\sigma$  (1544 мПа · с) и коньячному маннану (5000 мПа · с). Показано, что согласно молекулярно-массовых характеристик наибольший процент высокомолекулярных фракций имеет ксантановая камедь (74,3 %), ксампан (39 %) и коньячный маннан (42,1 %). Установлено, что в составе структурообразователей в разных соотношениях присутствуют манноза, глюкоза и галактоза, а также неидентифицированные вещества.

Ключевые слова: вязкость, молекулярно-массовое распределение, моносахаридный состав, ксампан, коньячный маннан, гуаровая и ксантановая камеди.

### *S.K. Votselko, L.A. Dankevych, O.O. Lytvynchuk*

*Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

## **PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MICROBIAL AND PLANT POLYSACCHARIDES STRUCTURANTS**

### **S u m m a r y**

The comparative investigation of physico-chemical properties of plant (guar gum, konjac-mannan) and microbial (xanthan gum) origin structurants have been carried out. Among them, xanthan  $\sigma$  (1544 mPa) and konjac-mannan (5000 mPa) have the best initial viscosity. It has been shown that due to molecular-mass characteristics xanthan (74.3%) gum, ksampan (39%) and konjac-mannan (42.1%) have the highest percentage of high-weight fractions. It has been established that mannose, glucose and galactose as well as unidentified substances are presented in different concentrations in the structure of structurants.

The paper is presented in Ukrainian.

Key words: viscosity, molecular-weight distribution, monosaccharide composition, ksampan, konjac-mannan, guar and xanthan gum.

The author's address: *Votselko S.K.*, Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine; 154 Acad. Zabolotny St., Kyiv MSP, D03680, Ukraine.

1. *Варбанец Л.Д., Здорovenko Г.М., Книрель Ю.А.* Методы исследования эндотоксинов. – Киев: Наук. думка, 2006. – 238с.
2. *Воцелко С.К.* Гідродинамічні властивості сополімеру екзополісахариду з акриламідом // *Мікробіол. журн.* – 2000. – **62**, № 1. – С. 11–19
3. *Гвоздяк Р.И., Матышевская М.С., Григорьев Е.Ф., Литвинчук О.А.* Микробный полисахарид ксантан. – Киев: Наук. думка, 1989. – 212с.
4. *Гринберг Т.А., Смоляр С.И., Малащенко Ю.Р., Пирог Т.П., Карпиловская Е.Д.* Микробные полисахариды и пищевая промышленность. // *Мікробіол. журн.* – 1991. – **53**, № 5. – С. 82–96
5. *Калакура М.М., Воцелко С.К., Ніколіна В.В., Данкевич Л.А.* Вплив топінамбуру і ксампану на реологічні властивості бісквітного тіста // *Одеська національна академія харчових технологій: Наукові праці ОНАХТ.* – 2007. **11**, № 30. – С. 217 – 222.
6. *Калакура М.М., Ніколіна В.В., Воцелко С.К., Данкевич Л.А.* Дослідження молекулярно-масової неоднорідності полімерів бісквітного тіста з використанням топінамбуру та ксампану // *Вісник Донецького НУЕТ.* – 2008. – **37**, № 1 – С.32–41.
7. *Позняковский В.М.* Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров. – Новосибирск: Новосиб. университет, 1999. – 448 с.
8. *Пат. UA26648C1 C12N1/20.* Штам *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* – продуцент гетеро полисахариду / *Гвоздяк Р.И., Литвинчук О.О., Болоховська В.А., Воцелко С.К., Мартинюк Н.Б., Нагорна О.В.* –Опубл. 11.10.1999, Бюл.№ 6.

9. Пат. UA62960C2 7A23L1/054. Біологічно активна харчова добавка «КСАМΠΑН» / Воцелко С.К., Гвоздяк Р.І., Исаакян Л.О., Качалай Д.П., Калакура М.М., Литвинчук О.О. Гаєвська Н.О. –Опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1.
10. *Chua M., Baldwin T.C., Hocking., Chan K.* Traditional uses and health benefits of *Amorphophallus konjac* K. Kocch ex N.E.Br // *J. Ethnopharmacology.* – 2010. – **128**, N 2. – P. 268 – 278
11. *Kato K. et al.* Studies of chemical structure of konjac-mannan: 3. Isolation of oligosaccharides corresponding to the branching-point of the konjac-mannan//*Agr. Biol. Chem.* – 1973 – **37**, N 9. – P. 2045 – 2051.
12. *Keithley J., Swanson B.* Glucomannan and obesity: a critical review // *Altern. Ther. Health Med.* – 2005 – **11**, N 6. – P. 30 – 34.
13. *Slavin J.L., Greenberg N.A.* Partially hydrolyzed guar gum: clinical nutrition uses // *Nutrition.* – 2003 – **15**, N 6. – P. 549– 552
14. *Soh H.S., Kim C.S., Lee S.P.* A new in vitro assay of cholesterol adsorption by food microbial polysaccharides // *J. of Medical Food.* – 2004 – **6**, N 3. – P. 225 – 230
15. *Votselko S.K., Pirog T.P., Malashenko Y. R., Grinberg T.A.* A method for determining the mass-molecular composition of microbial exopolysaccharides // *J. Microbiol. Meth.* – 1993. – **18**. – С. 349–356.

Отримано 25.04.2011

УДК 579.83/88 + 593.17 + 581.141

**В.В. Погорелова, З.Т. Бега, И.К. Курдиш**

*Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины  
ул. Академика Заболотного, 154, Киев, ГСП, Д03680, Украина*

## **ВЗАИМООТНОШЕНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* С ИНФУЗОРИЯМИ *COLPODA STEINII* И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН РАСТЕНИЙ**

*Исследованы особенности симбиотического сосуществования бактерий рода *Bacillus* с инфузориями *Colpoda steinii*. При их совместном культивировании в течение 10 суток численность бактерий *B. subtilis* ИМВ В-7023 снижалась в 4,4 раза, *B. pumilus* 3 – 3,4 раза, *B. megaterium* 12 – в 2,5 раза. В смешанной культуре с *B. pumilus* 3 количество колпод постепенно увеличивалось, в то время как при наличии двух других штаммов бацилл численность простейших возрастала только в первые двое суток, после чего уменьшалась. Обработка семян некоторых растений суспензией *B. subtilis* ИМВ В-7023 с инфузориями увеличивала их всхожесть и стимулировала рост растений на ранних стадиях развития.*

*Ключевые слова: бактерии, инфузории *Colpoda steinii*, семена, проростки растений.*

В последние десятилетия в растениеводстве все большее внимание уделяют бактериальным препаратам, применение которых позволяет уменьшить использование химических удобрений и повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям. Внесение биопрепаратов в агроэкосистему способствует повышению количества и качества урожая [3, 4, 15]. К тому же эти препараты, как правило, не загрязняют окружающую среду. Наиболее перспективными для растениеводства являются препараты комплексного действия, созданные на основе двух или большего числа видов микроорганизмов, дополняющих стимулирующее влияние каждого из них [2, 4, 6]. Нами на основе взаимодействия *Bacillus subtilis* ИМВ В-7023 и *Azotobacter vinelandii* ИМВ В-7076 с глинистыми минералами создан гранулированный препарат комплексного действия, улучшающий азотное и фосфорное питание растений, стимулирующий их рост и развитие за счет синтезируемых биологически активных веществ, а также обладающий антагонистической активностью в отношении фитопатогенных микроорганизмов. Применение этого препарата в сельском хозяйстве позволяет повысить урожайность растений [5].

Успех интродукции микроорганизмов в агроэкосистему зависит от многих факторов, в том числе от взаимоотношения с почвенными простейшими, которые являются обязатель-

© В.В. Погорелова, З.Т. Бега, И.К. Курдиш, 2012