

Таблиця 3 – Влияние препаратов ПАВ *A. calcoaceticus* К-4 и *R. erythropolis* ЕК-1 на эффективность очистки почвы от нефти

Препараты ПАВ	Концентрация препарата ПАВ, мл/кг почвы	Концентрация остаточной нефти в пробе, г	Степень деструкции нефти, %
Культуральная жидкость	100	7,0±0,012	67,3±2,3
	200	5,7±0,023	73,4±2,7
	300	2,9±0,019	86,4±2,0
Супернатант	100	11,6±0,026	45,8±2,1
	200	10,4±0,015	51,4±2,2
	300	9,3±0,021	56,5±2,7
Контроль	0	21,4±0,015	0

Выводы

В результате проведенных исследований была показана возможность использования глицерина – побочного продукта производства биодизеля, а также отходов пищевых производств (жировой, сахарной промышленности) в качестве субстратов для получения микробных ПАВ.

В процессе работы установлено, что ПАВ *R. erythropolis* ЕК-1 интенсифицируют процессы деструкции нефти в воде и почве. Показана возможность использования для эффективной очистки воды (деградация на 83 – 92 % нефти в концентрации 2,6 г/л) невысоких концентраций препаратов ПАВ в виде культуральной жидкости (5 %).

Установлено, что ПАВ *R. erythropolis* ЕК-1 интенсифицируют процессы деструкции нефти в почве. На 30 сутки степень деградации нефти (21,4 г/кг почвы) в присутствии ПАВ (100 – 300 мл/кг почвы) в виде постферментационной культуральной жидкости составляла 51 – 86 %.

Литература

- Игнатенко С.В., Пирог Т.П. Влияние внешних факторов на образование поверхностно-активных веществ при периодическом культивировании *Rhodococcus erythropolis* ЭК-1 // Сб. трудов Межд. научн. конф. «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии» (Минск, 3-6 июня 2008). – С. 164–166.
- Пирог Т.П., Антонюк С.И., Карпенко Е.В., Шевчук Т.А. Влияние условий культивирования штамма *Acinetobacter calcoaceticus* К-4 на синтез поверхностно-активных веществ // Прикладная биохимия и микробиология. – 2009. – Т.45, № 3. – С. 304–310.
- Пирог Т.П., Шевчук Т.А., Волошина И.Н., Гречирчак Н.Н. Использование иммобилизованных на керамзите клеток нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти // Прикладная биохимия и микробиология. – 2005. – Т. 41, № 1. – С. 58–63.
- Dessai J.D., Banat I.M.. Microbial production of surfactants ant their commercial potential // Microbiol. Mol. Rev. – 1997. – N 61. – P. 47-64.
- Pekin G., Vardar-Sukan F., Kosaric N. Production of soforolipids from *Candida bombicola* ATCC 22214 using Turkish corn oil and honey // Eng. Life Sci. – 2005. – N 4. – P. 357-362
- Ron E.Z., Rosenberg E. Biosurfactants and oil bioremediation // Curr. Opin. Biotechnol. – 2002. – Vol. 13, № 3. – P. 249–252
- Singh A., Van Hamme J.D., Ward O.P. Surfactants in microbiology and biotechnology. Part 2. Applications aspects // Biotechnol. Adv. – 2007. – Vol. 25. – P. 99–121
- Yazdani S.S., Gonzales R. Anaerobic fermentation og glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry // Curr. Opin. Biotechnol. – 2007. – Vol. 18. – P. 213–219

УДК 544.022.822:664

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ МАСИ ОБОЛОНОК КАПСУЛ, ОДЕРЖАНИХ ШЛЯХОМ ІОНОТРОПНОГО ГЕЛЕУТВОРЕННЯ

Пивоваров Є.П., канд. техн. наук, доцент, Нагорний О.Ю., аспірант
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

У статті наведено вплив основних параметрів на процес капсулоутворення із заданими властивостями, визначено закономірності співвідношень реагуючих компонентів та тривалості процесу капсулювання.

The article presents the influence of basic parameters on forming capsule with desired properties, defined patterns of concentration of reacting components and duration of capsulation

Ключові слова: стінка капсули, харчовий гель, альгінат натрію, альгінат кальцію, структуроутворення, інкапсулянт, формуючий розчин.

Харчові гелі (soft materials) із біополімерів, які з колоїдної точки зору займають проміжне місце між рідинами і твердими тілами, з розвитком наукових принципів структуроутворення набувають все більшого значення як структуроутворювачі харчових продуктів, оскільки характеризуються прогнозованою структурою, технологічними та органолептичними властивостями, відсутністю токсичності та високою біосумісністю з компонентами харчових продуктів.

Серед біополімерів можна прогнозувати широке застосування в технологічних процесах полісахариду альгінату натрію, який за своєю сутністю є аніонним поліелектролітом, здатним утворювати гідрогелі у водних розчинах при додаванні солей кальцію або протилежно заряджених полімерів. При цьому, з колоїдної точки зору, проходить фазове розширювання технологічної системою, яке за обґрунтованих і контрольованих умов приводить до структуроутворення з одержанням гелю із заданими властивостями та геометричною формою. Ступінь обробки альгінату натрію зшиваючим агентом обумовлює глибину перетворення альгінату натрію за співвідношенням у драглі альгінату натрію і альгінату кальцію, що обумовлює гідродинамічні властивості гідрогелів, у тому числі і здатності до синерезису та вологоутримання.

На сьогоднішній день існує велика потреба в розробці гелевих харчових систем, гелеутворення яких призводило би до утворення форм капсул і в яких би гідрогелі, що формують стінку капсули, за своєю сутністю характеризувалися як гомогенні гелеві системи, не здатні до значного фазового розширювання з вираженим синерезисом. Геометрична форма одержаних капсул повинна задовольняти умовам кое-

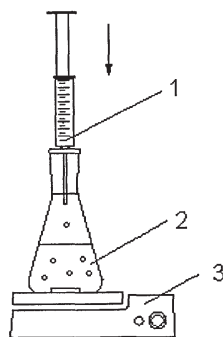
фіцієнта форми: $K_f = \frac{d_{\text{верт.}}}{d_{\text{гориз.}}} \approx 1$, $K_f \approx 1$ – капсули мають шароподібну форму, $K_f < 1$ – капсули наближені

до овальної форми, $d_{\text{верт.}}$, $d_{\text{гориз.}}$ – вертикальний та горизонтальний діаметр капсул.

За таких передумов у як інкапсулянт може бути використаний широкий ряд розчинених (емульгованих, суспендованих) речовин, які а) мають виражене функціонально-технологічне, фізіологічне або фармацевтичне значення, але б) повинні бути захищені оболонкою від зовнішнього впливу (механічних дій, випромінювань, певного рівня агресивних середовищ тощо).

З іншого боку, оболонка повинна мати певний рівень проникності, що дуже важливо для травлення харчових продуктів. Перераховані властивості (а в деяких випадках вимоги) залежать від параметрів одержання оболонки. Нами доведено, що зшиваючий агент сіль кальцію повинна входити до складу інкапсулянта, за цих умов такі параметри як час капсулювання, концентрація солі, концентрація альгінату натрію будуть головними чинниками, які впливають на властивості оболонки.

Метою дослідження є визначення закономірностей формування оболонки альгінату кальцію з водного розчину альгінату натрію з одержанням капсул з інкапсульованим розчином хлористого кальцію. Капсули одержували шляхом екструдуювання розчину солі кальцію у складі інкапсулянта відомої концентрації в прийнятне середовище – формуючий розчин, утворений альгінатом натрію (0,5...2,0) % концентрації. Лабораторна установка для одержання капсул наведена на (рис. 1).



1 – дозатор з розчином інкапсулянта, 2 – ємність з формуючим розчином, 3 – магнітна мішалка

Рис. 1 – Експериментальна лабораторна установка для одержання капсул

Оскільки у всіх випадках в основі гелеутворення лежить масоперенос іонів металу, то очевидно, що рушійною силою масопереносу, а значить і капсулоутворення, буде різниця концентрацій, а дифузія виконується із зон вищої концентрації в бік низьких концентрацій. Відповідно до закону Фіка, в загальному вигляді кількість дифундованих до середовища $AlgNa$ іонів Ca^{2+} буде описуватись рівнянням (1):

$$\Delta m_{Ca^{2+}} = D \frac{dc}{d\tau} \Delta \tau \quad (1)$$

де $\Delta m_{Ca^{2+}}$ – загальна кількість іонів Ca^{2+} , перенесених через перетин (поверхню контакту двох речовин) до середовища $AlgNa$ за час структуривання τ ;

D – коефіцієнт дифузії;

$\frac{dc}{d\tau}$ – градієнт концентрації іонів кальцію.

При одержанні капсул існує поверхня розділу S , яка дорівнює внутрішній поверхні капсули, через яку за фіксований час $\Delta \tau$ реалізується градієнт концентрації $\frac{dc}{d\tau}$. З урахуванням закону збереження

мас, рівняння заміщення, а значить і кількість гелю, що утворюється, у відповідності з кількістю дифундованого Ca^{2+} буде описуватись рівнянням кінетики (2):

$$\frac{d[Alg_2 Ca]}{d\tau} = k[Alg^-] \cdot [Ca^{2+}], \quad (2)$$

де k – константа швидкості прямої реакції (гелеутворення).

Оскільки кількість кальцію може бути виражена через масу краплі, помножену на молярну концентрацію кальцію в розчині, то маса утвореної стінки капсули $\frac{d[Alg_2 Ca]}{d\tau}$ може бути розрахована за формулою (3):

$$\frac{d[Alg_2 Ca]}{d\tau} = k[Alg^-] \cdot (m \cdot C_{mCa}) \cdot (D \frac{dc}{d\tau} \cdot \tau \cdot S), \quad (3)$$

де C_{mCa} – молярна концентрація частки розчиненого іону Ca^{2+} ;

m – маса інкапсулянта;

S – площа внутрішньої поверхні краплі.

Маючи на увазі, що під поняттям $\frac{d[Alg_2 Ca]}{d\tau}$ у реальному технологічному процесі є виникнення оболонки, можна стверджувати, що її маса в складі капсули буде прямо пропорційна добутку маси інкапсулянта, концентрації розчиненого Ca^{2+} і концентрації $AlgNa$. Обмежувальною умовою утворення капсули буде умова, яку можливо описати, виходячи зі стану системи « $AlgNa - Alg_2Ca$ », яка може бути охарактеризована коефіцієнтом St_f . $St_f = \frac{[Alg_2 Ca]}{[Alg Na]} \Big|_{(0 < St_f \leq 1)}$ Фізичний зміст коефіцієнта стану системи, величина, яка

може змінюватися від 0 до 1, полягає в оцінці ступеня переходу $AlgNa$ в Alg_2Ca . При значенні $St_f=0$ система являє собою розчин $AlgNa$, при $St_f=1$ система являє собою гель Alg_2Ca . Очевидно, що стану гелю відповідає деяка мінімальна гранична концентрація Alg_2Ca в системі « $AlgNa - Alg_2Ca$ », що забезпечує відсутність плинності, а точніше безрозмірна величина відношення Alg_2Ca до $AlgNa$, що забезпечує виникнення форми (рівняння 4):

$$St_{f \text{ формування}} = \frac{[Alg_2 Ca]_{\min}}{[Alg Na]} = \frac{k[Alg^-]_{\min} \cdot (m \cdot C_{mCa}) \cdot (D \frac{dc}{d\tau} \Delta \tau \cdot S)}{[Alg Na]}, \quad (4)$$

Аналіз рівняння (4) свідчить, що на величину St_f коефіцієнта, що визначає умови формування капсул, впливають два протилежних фактори – стан системи буде прямо пропорційний кількості внесеного кальцію (що сприяє утворенню стінок капсул), оберненопропорційний концентрації $AlgNa$ у приймальному середовищі – формуючому оболонку розчині. З цього виходить прямий технологічний висновок, що в реальному технологічному процесі повинно бути певне співвідношення концентрацій іонів кальцію та альгінату натрію, за яких коефіцієнт St_f набуває значень $St_{f \min}$, що забезпечує капсулоутворення. Відповідно, що умова $St_{f \min} \leq St_i \leq 1$ буде визначати існування та якість капсули, у тому числі її структурно-механічні, гідродинамічні властивості та проникність. А за умови $0 < St_i \leq St_{f \min}$ капсулоутворення прохо-

дити не буде. Цей висновок обумовлює технологічні задачі, які є обов'язковими при обґрунтуванні рецептурних концентрацій інкапсулянта та формуючого середовища: концентрація кальцію в інкапсулянті повинна бути такою, щоб забезпечити формування стінки капсули, але обов'язково зрівноважена з концентрацією альгінату натрію у формуючому середовищі. Очевидно, що концентрація альгінату натрію повинна завжди перевищувати концентрацію AlgNa , що необхідна для забезпечення утворення $\text{Alg}_2\text{Ca}_{\min}$, – умова капсулоутворення.

Концентрація AlgNa у формуючому розчині має свої технологічні межі, особливо у бік збільшення, оскільки при фіксованій концентрації Ca^{2+} збільшення концентрації AlgNa понад обґрунтованих концентрацій, що забезпечують необхідну величину $St_f \geq St_{f\min}$, буде погіршуватися формування капсул і робити даний процес неможливим ($K_f \neq 1$).

Формуюче середовище розчин AlgNa відносно маси внесеної краплі-дозу ϵ , по суті, нескінченно великою величиною, тому потенційно постійно буде існувати градієнт концентрації $\frac{dC}{d\tau}$ (3), що забезпечує

дифузійну іонів кальцію Ca^{2+} з достатньою швидкістю. Гель Alg_2Ca буде перебувати у формі фази, яка вивільнилась із розчину, між якою та формуючим середовищем буде також відбуватися іонний обмін за принципом рекомбінації. За цих умов іони Ca^{2+} із хелатного комплексу Alg_2Ca будуть переходити в непереривне формуюче середовище AlgNa . В момент, коли швидкість дифузії Ca^{2+} з інкапсулянта до середовища AlgNa буде вищою, ніж швидкість рекомбінації Ca^{2+} (дифузія в середовищі AlgNa), буде нарощуватися стінка капсули. Розуміючи, що кількість Ca^{2+} в краплі-дозі інкапсулянта скінченна, можна передбачити зниження згідно із законом Фіка швидкості дифузії Ca^{2+} з інкапсулянта до формуючого середовища, що відповідає відносному зростанню швидкості рекомбінації Ca^{2+} у формуючому середовищі. З часом величина St_f буде зменшуватися, як результат перерозчинення в безмежному формуючому середовищі. Це визначає той факт, що час ($\Delta\tau$) перебування капсул у технологічному середовищі AlgNa не може бути нескінченно довгим, тому що через певний період буде приводити до зникнення оболонки.

Час перебування капсули у формуючому середовищі підлягає обґрунтуванню залежно від концентрації речовин, що беруть участь у технологічному процесі.

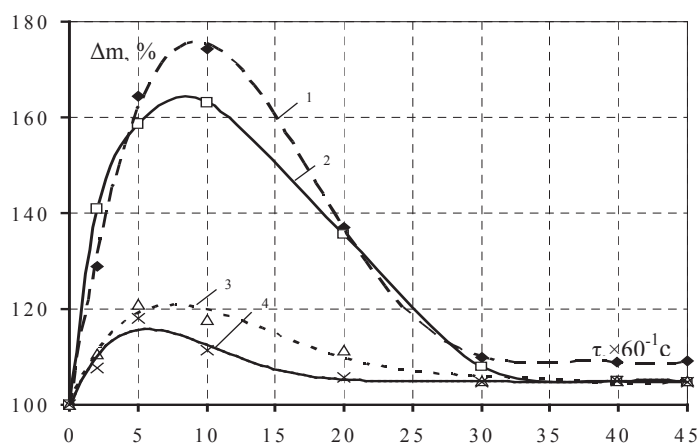


Рис. 2 – Динаміка приросту маси оболонок капсул для концентрацій AlgNa : (1, 2, 3, 4 – 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0) % відповідно за концентрації CaCl_2 0,5 %.

На (рис. 2) наведено динаміку приросту маси (в %) оболонки капсул до маси інкапсулянта, кількісно прийнято за 100% для концентрацій AlgNa – (0,5; 1,0; 1,5; 2,0) % відповідно, за концентрації CaCl_2 0,5 %.

З (рис. 2) видно, що динаміка капсулоутворення має два етапи. Перший етап нарощування маси оболонок капсул залежно від концентрації AlgNa спостерігається протягом перших $5 \dots 10 \times 60^{-1} \text{ с}$ капсулювання і пов'язаний з тенденцією зростання (нарощування) маси стінок. При збільшенні часу витримування капсул в середовищі альгінату натрію спостерігається другий етап, зменшення маси оболонки капсул, що обумовлено перерозчиненням оболонок капсул у формуючому розчині, результат зменшення значень коефіцієнта St_f . Встановлено, що при концентраціях AlgNa (0,5 і 1,0) % максимальний приріст маси оболонок капсул становить 75 та (65 ± 1) % відповідно. Капсули одержані з концентрацією AlgNa 0,5 % мають обводнену оболонку й слабо тримають форму. Коефіцієнт форми одержаних капсул з концентрацією AlgNa (0,5 та 1,0) % становить 0,3...0,5, що технологічно не забезпечує якість кінцевого продукту. Зразки

капсул одержані з концентрацією AlgNa 1,5 та 2,0 % мають максимальний приріст маси оболонки 20 та (15±1) %. За своїми структурно-механічними показниками капсули мають вищу міцність у порівнянні зі зразками одержаними за концентрації AlgNa (0,5 та 1,0) %. Коефіцієнт форми одержаних капсул дорівнює 1,0. Із аналізу даних значень K_f стає зрозумілим, що при вибраному інтервалі концентрацій альгінату натрію 0,5 % його концентрація в технологічному процесі повинна бути вища за концентрацію 0,5 %. Таке обмеження є обов'язковою умовою одержання капсул з правильною геометричною формою, яка характеризується величиною $K_f \approx 1$. Здатність капсул до синерезису, одержаних за концентрації CaCl₂ 0,5 %, вивчалася протягом 12×3600 с перебування їх у формуючому середовищі. Максимальні втрати вологи були зафіксовані в капсулах з вмістом AlgNa 2,0 % і склали (8,1±0,5) %, мінімальні зі вмістом AlgNa 1,5 % склали (6,8±0,5) %.

На (рис. 3) наведено динаміку приросту маси оболонки капсул для концентрацій AlgNa – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0% відповідно, за концентрації CaCl₂ 1,0 %.

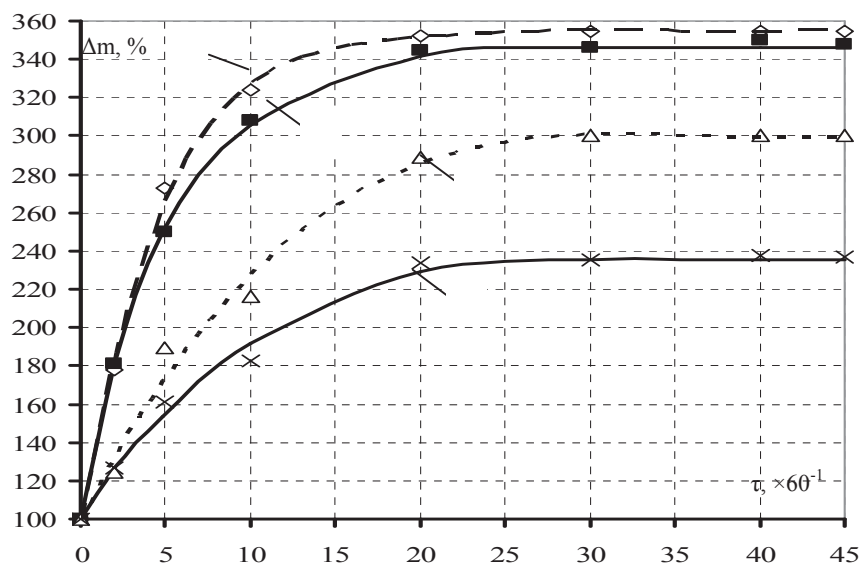


Рис. 3 – Динаміка приросту маси оболонок капсул для концентрацій AlgNa: 1, 2, 3, 4 – 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 % відповідно, за концентрації CaCl₂ 1,0 %

Аналізуючи динаміку приросту маси капсул одержаних при концентраціях AlgNa (0,5...2,0) % з постійною концентрацією в інкапсулянті CaCl₂ 1,0 % можна зробити висновок також про наявність двох етапів. Перший етап пов'язаний зі зростанням маси, другий – з відносною стабільністю маси в досліджуваній період часу, найбільший приріст маси оболонок капсул відбувається при концентраціях AlgNa 0,5 та 1,0 % і становить 245 та (255±1) % відповідно. Капсули одержані з використанням AlgNa у концентраціях 1,5 та 2,0 % мають максимальний приріст маси оболонки 200 та (140±1) %. Час процесу капсулювання склав 25×60⁻¹ с. Коефіцієнт форми K_f одержаних капсул зі вмістом солі CaCl₂ 1,0 % і різних концентрацій AlgNa (0,5...2,0) % дорівнює 1. Здатність капсул до синерезису одержаних з використанням концентрації 1,0 % CaCl₂, показала, що максимальні втрати вологи становлять (30±0,5) % при концентрації AlgNa 0,5 %, мінімальні (3±0,5) % при концентрації AlgNa 2,0 %.

Аналіз даних вологовиділяючої здатності свідчить, що зі зростанням концентрації альгінату натрію вологовиділяюча здатність відносно падає за всіх співвідношень $\frac{[Ca^{2+}]}{[AlgNa]}$. Ці дані також підтверджують, що мінімальна концентрація альгінату натрію в формуючому середовищі повинна перевищувати концентрацію 0,5 %.

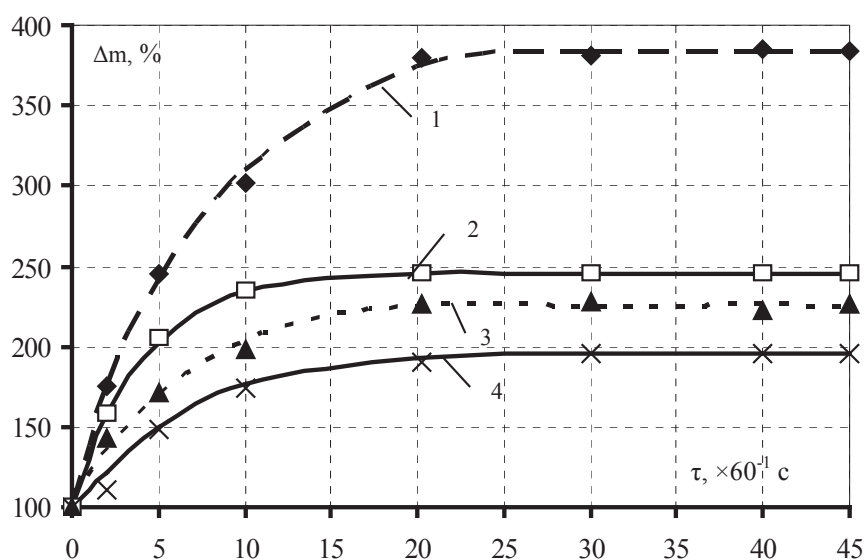


Рис. 4 – Динаміка приросту маси оболонок капсул для концентрацій AlGNa: 1, 2, 3, 4 – 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 % відповідно, за концентрації CaCl₂ 1,5 %

Встановлено, що максимальний приріст маси оболонок при концентрації CaCl₂ 1,5 % для розчинів AlGNa 0,5; 1,0; 1,5 та 2,0 % становить 270; 150; 125; та (100±1) % (рис. 4). Термін процесу капсулювання для досягнення максимальних значень маси оболонок капсул з концентрацією AlGNa 1,0; 1,5; та 2,0 % склав 10×60⁻¹ с, з концентрацією AlGNa 0,5 % – 20×60⁻¹ с. При збільшенні часу капсулювання з концентрацією AlGNa 0,5% спостерігається набрякання й часткове розчинення їх у розчині AlGNa. Капсули, одержані з використанням AlGNa 1,5 та 2,0 %, мають овальну форму, зі збільшенням часу капсулювання до 45×60⁻¹ с відзначено збільшення пружності капсул. Вивчення властивостей капсул утримувати вологу показало, що максимальні втрати вологи становлять (26±1) % при концентрації AlGNa 0,5 %, мінімальні із вмістом AlGNa 2 % склали (8±1) %.

Узагальнюючи результати проведених досліджень було визначено закономірності формування оболонки AlG₂Ca з формуючого розчину – AlGNa з інкапсульованим розчином CaCl₂. Експериментально доведено, що одержання капсул які б відповідали умовам $K_f \approx 1$ за мінімальних втрат вологи можливе за концентрації AlGNa > 0,5% і обґрунтованих співвідношень реагуючих компонентів та часу витримки. Стає очевидним, що певним концентраціям компонентів відповідають певні їх співвідношення та час. Ці величини повинні бути закріплені як параметри в кожному технологічному процесі індивідуально, в залежності від запланованої якості капсул. Узагальнені дані раціональних параметрів одержання капсул наведено у (табл. 1).

Таблиця 1 – Узагальнені дані раціональних параметрів одержання капсул

Концентрація C, %		Тривалість капсулювання $\tau, \times 3600$ сек	K_f	$\Delta m, \%$	$\Delta W, \%$
CaCl ₂	AlGNa				
0,5	1,5	5	≈1	21	6,79
0,5	2,0	5	≈1	18	8,06
1,0	1,0	20	≈1	255	2,87
1,0	1,5	10	≈1	200	7,32
1,0	2,0	20	≈1	140	3,09
1,0	1,0	10	≈1	220	13,27
1,5	1,0	20	≈1	143	21,59
1,5	1,0	30	≈1	145	15,77
1,5	1,5	10	≈1	98	8,85
1,5	2,0	10	≈1	77	8,10

де K_f – коефіцієнт форми одержаних капсул;
 Δm – приріст маси оболонки капсул через 24×3600 с;
 ΔW – втрати вологи капсулами через 24×3600 с.

Нами з врахуванням експериментальних та теоретичних досліджень встановлено залежності приросту мас капсул для різних концентрацій альгінату натрію. Встановлено, що для вибраних концентрацій альгінату 1,0; 1,5; та 2,0 %, які забезпечують утворення капсул з $K \approx 1$, зростання маси оболонок характерне при зростанні концентрації CaCl_2 в інтервалі концентрацій з 0,5 до 1,0 % (рис. 5). При зростанні концентрацій CaCl_2 в інтервалі концентрацій з 1,0 до 1,5 % за один і той же час приріст маси суттєво падає. Такі дані, які вступають в протиріччя з теоретичними дослідженнями (2) свідчать, що за кожним вибраним співвідношенням виникає власна структура стінки капсули, проникність якої для іонів Ca^{2+} падає зі зростанням концентрації альгінату натрію (рис. 5, криві 2,3 проти кривої 1), що і визначає падіння величини приросту мас. Одержанні дані є практичним підґрунтям для обґрунтування параметрів технологічного процесу одержання капсул і свідчать, що є усі передумови одержання капсул як з високою так і низькою проникністю стінок як з боку інкапсулянта, так і з зовнішнього середовища в бік інкапсулянта.

Було досліджено залежність приросту маси оболонок капсул від концентрації CaCl_2 . Дані представлені на (рис. 5)

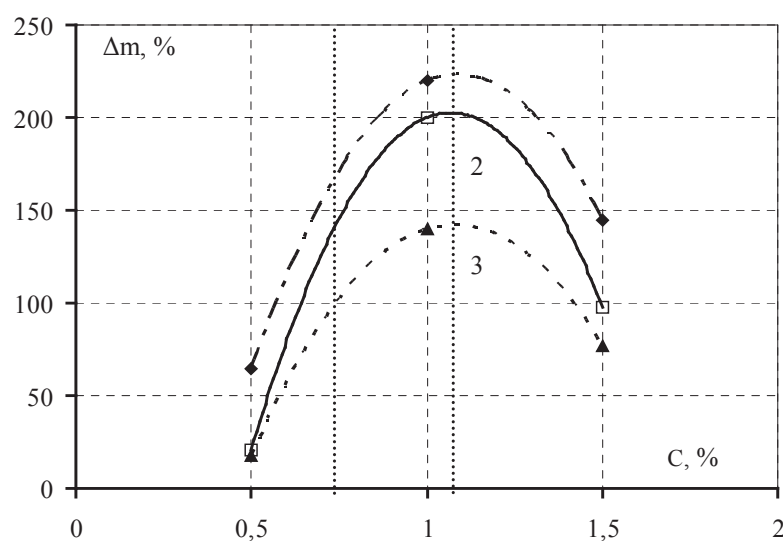


Рис. 5 – Залежність приросту маси оболонок капсул від концентрації CaCl_2 за концентрації AlgNa : 1, 2, 3 – 1,0; 1,5; 2,0 % відповідно

Аналізуючи дані (рис. 5), найбільш вірогідний є факт того, що при збільшенні концентрації CaCl_2 до критичних відбувається зменшення приросту маси стінки капсул, що суперечить закономірностям дифузії згідно із законом Фіка рівняння (1), цей факт пов'язаний з утворенням певного стану гелю в системі $\text{Alg}_2\text{Ca} - \text{AlgNa}$, який ускладнює рух іонів кальцію з зон вищої концентрації іонів, у зону низьких концентрацій.

З даних, наведених у табл. 1, видно, що при збільшенні концентрації AlgNa за постійних концентрацій CaCl_2 відбувається зменшення приросту маси оболонки капсули, але здатність капсул до втрати вологи, одержаних за даних умов, мінімальна. На підставі дослідження закономірностей виділення вологи з капсул встановлено раціональні концентрації AlgNa та CaCl_2 у складі капсул (1,0...2,0) % та (0,5...1,5) % відповідно та тривалість капсулювання $5 \dots 30 \times 60^{-1}$ с.

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що завдяки регульованому процесу одержання капсул із заданими властивостями стає можливим використання їх у різноманітних технологічних системах. Фізико-математичне обґрунтування процесу капсулоутворення з прогнозованими властивостями оболонки капсул є перспективним напрямком і стане об'єктом подальших досліджень.

Література

1. Рябець О.Ю. Технологія аналогу ікри чорної з використанням альгінату натрію: дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.16 / Рябець Ольга Юріївна. – Х., 2008. – 178 с.
2. Пестина А.А. Технология реструктуризованного полуфабриката из дыни: дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.16 / Пестина Анна Александровна. – Х., 2009. – 177 с.
3. Карапетьянц М.Х. Общая и неорганическая химия / М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин. – М.: Химия, 1993. – 592 с.

УДК 613.2:57.016

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ І ЇХ РОЛЬ У ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ

Корзун В.Н., д-р мед. н., професор, Тихоненко Ю. С.

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України», м. Київ

У статті висвітлюється роль харчування у збереженні здоров'я населення – проблема XXI століття, вплив нестачі мікронутрієнтів на стан здоров'я населення у будь-якому віці, методичні підходи до збагачення харчових продуктів необхідними нутрієнтами. Розглянуті основні проблеми при розробці та виробництві функціональних харчових продуктів.

In the article are said a questions: the role of nutrition in preservation health of population – problem of XXI century, influence of lack of supplements on health conditions of populations in any age, methodical approach to enrichment of food with necessary supplement. The main problems of create and product of functional nutrition products were examined.

Ключові слова: харчування людини, функціональні харчові продукти, мікронутрієнти.

Харчування є важливою фізіологічною потребою організму, від якої значною мірою залежить стан здоров'я людини. Воно необхідне для побудови та оновлення клітин, тканин, поповнення енерготрат, синтезу гормонів, ферментів та інших регуляторів обмінних процесів. Раціональне, тобто побудоване на науковій основі, харчування сприяє збереженню здоров'я, високій фізичній та розумовій діяльності, активному довголіттю [1].

Підвищення стійкості організму до негативних факторів, у тому числі до іонізуючого випромінювання – важливий важіль у комплексній програмі виживання в умовах екологічної катастрофи, викликаній забрудненням навколишнього середовища солями важких металів, пестицидами, ядохімікатами, транспортними та промисловими викидами, радіонуклідами [2].

Серед чинників захисту одним з найважливіших та найбільш ефективних є фактор харчування. Раціональне харчування у будь-який час покликане зберегти здоров'я людини, виконання основних його положень у період після аварії на ЧАЕС – важлива умова підвищення стійкості до іонізуючого випромінювання, мобілізації захисних сил організму, нормального функціонування імунної, кровотворної, травної систем, зниження дози внутрішнього опромінення від радіонуклідів стронцію та цезію, що потрапляють з раціоном харчування [2, 3].

Якість харчування відіграє роль найважливішого чинника адаптації організму до сучасних умов існування зростаючого чужорідного навантаження.

Це пов'язано з двоякою роллю харчового раціону. З одного боку, до 95 % загального об'єму ксенобіотиків надходить в організм аліментарним шляхом, що підкреслює необхідність та значущість контролю безпеки продовольчої сировини та харчових продуктів на всіх етапах їх отримання, переробки та реалізації. З іншого боку, саме харчові речовини забезпечують реалізацію захисно-адаптаційних механізмів: вони на всіх етапах метаболізму вступають у безпосередній конкурентний (або синергічний) контакт з чужорідними речовинами та використовуються організмом для підтримання стійкої роботи гомеостатичних систем. [4]

Таким чином, аліментарна адаптація, котра може бути визначена як процес вироблення резистентності організму до екстремальних зовнішніх умов за рахунок оптимізації харчування, передбачає забезпечення надходження з раціоном харчування повного набору харчових і біологічно активних речовин і розвиток за рахунок цього стійкого функціонування метаболічних систем.

В умовах екологічного (чужорідного) навантаження харчування, окрім традиційних функцій, повинно також забезпечити: зниження засвоєння ксенобіотиків у шлунково-кишковому тракті, послаблення