

пектину) 0,3...0,5% дозволяє цілеспрямовано регулювати структурно-механічні та органолептичні властивості готової продукції.

Введення іонотропних полісахаридів до складу сухих функціональних сумішей, які в технології продукції емульсійного типу виконують роль стабілізаторів, дозволяє збільшити ефективність технологічного процесу, поліпшити органолептичні показники, підвищити харчову цінність, одержувати більш стійкі емульсії, здатні витримувати високі температури пастеризації, та поліпшити структурно-механічні властивості соусів, особливо пластичності та в'язкості.

Список літератури

1. Абрамзон, А. А. Эмульсии [Текст] / А. А. Абрамзон. – Л. : Химия, 1972. – 448 с.
2. Базарнова, Ю. Г. Применение натуральных гидроколлоидов для стабилизации пищевых продуктов [Текст] / Ю. Г. Базарнова, Т. В. Шкотова, В. М. Зюканов // Пищевая пром-сть. – 2005. – № 2. – С 84–87.
3. Донченко, Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов [Текст] : Учебное пособие / Л. В. Донченко. – М. : ДеЛи, 2000. – 255 с.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© П.П. Пивоваров, А.А. Коваленко, В.М. Михайлов, О.П. Неклеса, 2010.

УДК 664.324:615.534

О.Ю. Рябець, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

С.В. Іванов, д-р техн. наук (*НУХТ, Київ*)

О.О. Гринченко, д-р техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

Є.П. Пивоваров, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

В.В. Зайцев (*ТОВ «Тайфун», Харків*)

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ РЕЦЕПТУРНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ КСАНТАНУ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ КАПСУЛЬНИХ ПРОДУКТІВ

Наведено результати вивчення емульгуючих та стабілізуючих властивостей ксантану, обґрунтовано склад рецептурних сумішей на основі ксантану для одержання капсульних продуктів із заданими оптичними, структурно-механічними та фізичними характеристиками.

Приведены результаты изучения эмульгирующих и стабилизирующих свойств ксантана, обоснован состав рецептурных смесей на основе ксантана для получения капсульных продуктов с заданными оптическими, структурно-механическими и физическими характеристиками.

The results of the study of emulsifying and stabilizing properties of ksantan has been studied, composition of mixtures based on ksantan for obtain products with capsular structure with desired optical, structural, mechanical and physical characteristics has been validated.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Останнім часом у технології харчових продуктів намітилися тенденції одержання харчових форм шляхом структурування, в тому числі капсулювання. Це стало можливим за рахунок використання нових структуроутворюючих речовин, розширення можливостей відомих структуроутворювачів та вивчення впливу технологічних факторів на їх структуроутворюючу здатність.

Сьогодні одним з перспективних напрямів використання капсульних продуктів є одержання на їх основі аналогів ікри риб та розробка капсульних напівфабрикатів соусів емульсійного типу. Так, фахівцями розроблено новий спосіб одержання капсульних продуктів шляхом екструзійного змішування кальцієвмісної суміші (внутрішньої складової) та формуючого розчину натрію альгінату [1].

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що формування капсул не відбувається у випадку використання водного розчину кальцію хлориду без загусника. За умов екструзії розчину кальцію хлориду до розчину натрію альгінату спостерігається виникнення порожнин довільної форми, оскільки молекули води починають з високою швидкістю дифундувати до розчину натрію альгінату і це не призводить до утворення капсул як таких. Крім того, наявність загусника має забезпечити формування правильної кулеподібної форми та повинно сприяти збереженню цієї форми під час капсулювання. Отже використання загусника є обов'язковим з точки зору одержання форми капсул, наближеної до форми кулі.

На підставі огляду літературних даних [2–5] та проведених пошукових досліджень з широкого спектру загущуючих речовин обрано камідь мікробіологічного походження – ксантан, що має гарну розчинність, здатний зв'язувати велику кількість вологи, характеризується вираженою здатністю стабілізувати емульсії та високою стійкістю до термічного і механічного впливу, дії кислот, солей і ферментів.

Мета та завдання статті. Метою статті є обґрунтування складу рецептурних сумішей на основі ксантану для одержання капсульних продуктів, що характеризуються емульсійною структурою внутрішньої складової.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виходячи з того, що процес капсулювання передбачає екструзійне формування краплин

за допомогою капсуляторного пристрою з фільерами, що мають визначені розмірні характеристики, першочерговим є забезпечення кулеподібної форми краплин під час їх відриву від фільери та в момент їх попадання до формуючого середовища. До того ж кулеподібна форма капсул повинна зберігатися і під час утворення гелеподібної оболонки (перебування краплин у формуючому середовищі).

З метою дослідження впливу концентрації ксантану на формування кулеподібних краплин та оцінки їх формостійкості вивчено крайовий кут змочування краплин розчинів ксантану на скляній поверхні (рис. 1).

З наведених на рис. 1 даних видно, що крайовий кут змочування краплин підвищується від 10° до 38° C зі збільшенням концентрації ксантану у розчині від 0,1 до 2,0%. Оскільки розчини ксантану навіть за низьких концентрацій характеризуються високою в'язкістю, то за концентрації ксантану 0,3% краплини набувають певної формостійкості й можуть бути піддані капсулюванню. Збільшення вмісту ксантану до 2,0% призводить до значного зростання як в'язкості, так і крайового кута змочування краплин. Відповідно формостійкість краплин за цих умов також підвищується, оскільки значно зменшується частка вільної води у складі розчинів та збільшуються сили міжмолекулярної взаємодії ксантанових ланцюгів. Наслідком вищезазначеного є ефект зростання крайового кута змочування краплин.

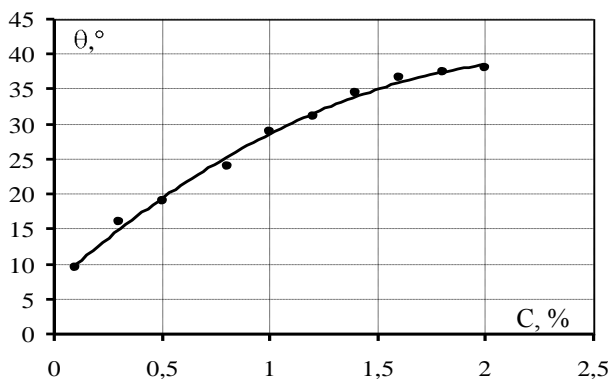


Рисунок 1 – Залежність крайового кута змочування краплин розчинів ксантану від концентрації ксантану

Таким чином, можна спрогнозувати, що за умов попадання до формуючого середовища краплин розчину, що містять від 0 до 0,1%

ксантану та мають крайовий кут змочування менший за 9°C , вони будуть дуже швидко розтікатися по поверхні формуючого середовища. У цьому випадку капсулоутворення відбуватися не буде. За концентрації ксантану $0,4\%$ краплини характеризуються крайовим кутом змочування близько 20°C , що свідчить про їх здатність зберігати форму на скляній поверхні, тож формостійкість таких краплин є вища.

Для перевірки сформульованого припущення щодо забезпечення умов утворення капсул прийнято попереднє припущення про доцільність використання ксантану у концентрації не менше за $0,4\%$. Але зрозуміло, що остаточна концентрація ксантану у складі суміші для капсулювання потребує ретельного обґрунтування.

На основі сформульованого припущення змодельовано процес одержання капсул у розчині $0,8\% \text{ AlgNa}$, до якого шляхом екструзії подавали розчин, що містить $0,5\% \text{ CaCl}_2$ та $0,4\%$ ксантану. Діаметр екструдованих краплин при цьому складав $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ та забезпечувався регулюванням діаметру фільтр капсуляторного пристрою. Під час капсулювання одержували капсули з різною товщиною оболонки, яка залежала від терміну перебування капсул у формуючому середовищі. На рис. 2 наведено дані, що характеризують залежність товщини оболонки капсул від тривалості капсулювання за визначених концентрацій AlgNa та CaCl_2 .

З даних видно, що зі збільшенням тривалості капсулювання від 10 С до $8-60 \text{ С}$ товщина оболонки зростає від $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ до $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

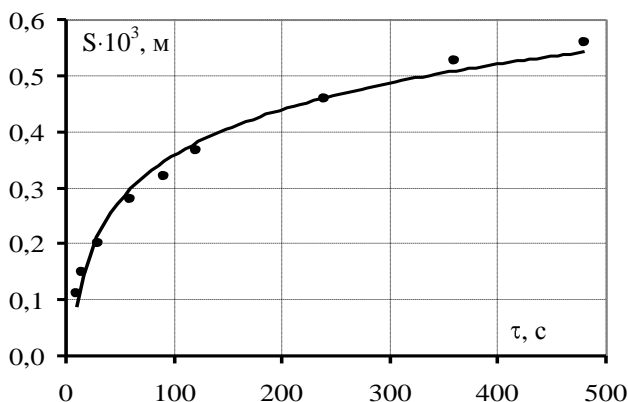


Рисунок 2 – Залежність товщини оболонки капсул від тривалості капсулювання (концентрація AlgNa – $0,8\%$, CaCl_2 – $0,5\%$, ксантану – $0,4\%$)

Оскільки під час капсулювання альгінові молекули зв'язують іони кальцію з утворенням сітки гелю, то збільшення терміну капсулювання призводить до зв'язування більшої кількості натрію альгінату та, відповідно, до збільшення масової частки гелеподібної оболонки капсул, що виявляється в її потовщенні. Важливо відмітити, що за товщини оболонки менше $0,1 \cdot 10^{-3}$ м капсули не здатні до збереження кулеподібної форми та під дією сил власного тяжіння деформуються, при цьому коефіцієнт форми капсул, який визначали за відношенням їх максимального діаметру до мінімального, змінювався від 2 до 1 (рис. 3).

Одночасно оцінювали зусилля руйнування одержаних капсул. Співставлення результатів дослідження зусилля руйнування (крива 2, рис. 3) та коефіцієнту форми капсул (крива 1, рис. 3) дозволило встановити раціональний інтервал значень товщини оболонки капсул з точки зору їх міцності та збереження кулеподібної форми.

Але вміст ксантану у складі рецептурних сумішей для капсулювання має бути обґрунтований не тільки з точки зору забезпечення заданої формостійкості краплин, але й з урахуванням його здатності до емульгування та стабілізації жирової фази. При цьому вміст жирової складової у рецептурних сумішах для капсулювання може варіюватись в широкому інтервалі, оскільки кінцеві капсульні продукти (аналоги ікри риб та соуси з емульсійною структурою) можуть характеризуватись різною жироемністю. Оскільки однією з важливих стадій процесу є диспергування речовини, що підлягає капсулюванню, основні проблеми, які виникають на цій стадії, зводяться до забезпечення високої дисперсності та стійкості емульсії.

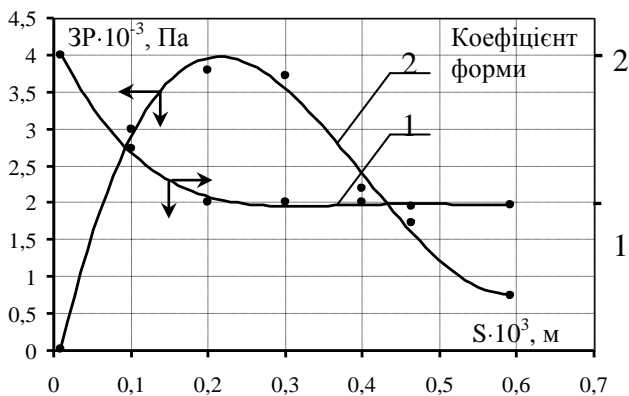


Рисунок 3 – Залежність зусилля руйнування (1) та коефіцієнта форми (2) капсул, сформованих в 0,8% розчині AlgNa за концентрації CaCl₂ 0,5% та ксантану 0,4%, від товщини оболонки капсули

З метою визначення раціонального вмісту ксантану у рецептурних сумішах для капсулювання одночасно з дослідженням ефективної в'язкості розчинів ксантану (рис. 4) оцінено форму краплин, що утворюються.

З представлених даних видно, що розчини ксантану характеризуються високою в'язкістю навіть за низьких концентрацій. Наявність у структурі ксантану бічних ланцюгів і присутність заряджених карбоксильних груп забезпечує високі загущуючі властивості цього полісахариду. За умов збільшення концентрації ксантану від 0,1 до 1,2% в'язкість його розчинів збільшується з $0,10 \pm 0,05$ Па·с до $0,70 \pm 0,05$ Па·с. Визначено, що розчини ксантану 0,4...1,2 % концентрації забезпечують необхідну для екструзування в'язкість внутрішнього вмісту капсул, яка лежить в межах $0,2 \dots 0,7$ Па·с. Важливо відзначити, що за умови якщо в'язкість рецептурної суміші більша за $0,7 \pm 0,05$ Па·с порушується мимовільний процес утворення краплин та їх форма на виході з сопел екструзійного пристрою починає відхилятися від кулеподібної. Отже, використання ксантану у концентрації більше 1,2% не забезпечує формування краплин правильної кулеподібної форми та не може використовуватись у складі суміші, що підлягає капсулюванню.

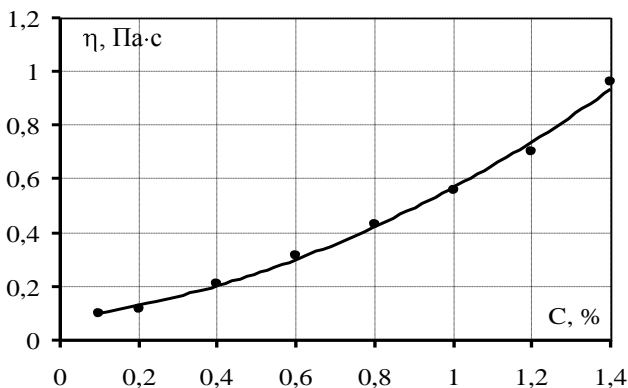


Рисунок 4 – Залежність ефективної в'язкості розчинів ксантану від концентрації (за $\gamma = 60 \text{ с}^{-1}$)

В'язкість суміші для капсулювання вочевидь буде залежати не тільки від концентрації ксантану в системі, але і від вмісту жирової фази, введення якої передбачено з метою створення продуктів з емульсійною структурою. Тому важливим є дослідження емульгуючих

та стабілізуючих властивостей ксантану, а також в'язкості емульсій, виготовлених на його основі.

Результати дослідження емульгуючої здатності ксантану, які наведено на рис. 5, показали, що зі збільшенням концентрації ксантану точка інверсії фаз емульсій підвищується та його здатність до емульгування жиру збільшується.

Встановлено, що точці інверсії фаз емульсій за концентрації ксантану 0,2% відповідає значення жироемності – 42,0%. Найбільшу емульгуючу здатність мають системи з концентрацією ксантану 0,8...1,4%. Вміст жиру у складі таких систем складає близько 76,0%. При цьому треба зазначити, що важливою умовою утворення та стабілізації емульсій на основі ксантану є підвищена в'язкість дисперсійного середовища. Виходячи з одержаних результатів, можна припустити можливість введення до складу суміші для капсулювання жирової фази у концентрації до 76,0%. Але органолептично визначено, що введення жирової фази (на прикладі олії соняшникової рафінованої дезодорованої) у концентрації більше 40,0% сприяє набуттю системами зайвої маслянистості та погіршує смакові властивості. Оскільки емульсії, що використовуються для капсулювання, повинні характеризуватися певною стабільністю та не розшаровуватись під час капсулювання, визначено стабільність емульсій на основі розчинів ксантану залежно від вмісту жирової фази (табл.1).

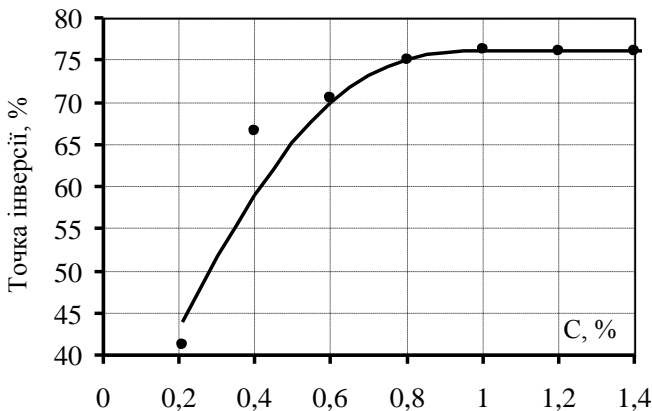


Рисунок 5 – Залежність точки інверсії фаз емульсій від концентрації ксантану

Таблиця 1 – Стабільність емульсій на основі ксантану

Вміст жирової фази, %	Стабільність емульсій, % за концентрації ксантану,		
	0,4 %	0,6%	0,8%
10	18±0,5	29±0,5	98±0,5
20	40±0,05	45±0,5	98±0,5
30	42±0,05	60±0,5	99±0,5
40	47±0,05	69±0,5	99±0,5

З даних, наведених у табл. 1 видно, що стабільність емульсій залежить від концентрації ксантану та вмісту жирової фази. За концентрації в системі ксантану 0,4% стабільність водно-жирових емульсій найменша та змінюється від 18±1 до 47±1% з підвищенням вмісту жиру від 10,0 до 40,0 %. За концентрації ксантану 0,6% стабільність емульсій підвищується від 29±1 до 69±1%. Це можна пояснити тим, що молекули ксантану здатні обволікати часточки дисперсної фази, зміцнювати сольватні оболонки, і таким чином сприяти підвищенню стійкості систем. За концентрації ксантану 0,8% всі емульсії характеризуються високою стабільністю. Їх стабільність практично не залежить від концентрації жирової фази і складає 98...99,0 %.

Отже, використання ксантану за концентрації 0,8% дозволяє одержувати агрегативно та кінетично стійкі емульсії, які під час капсулювання не будуть розшаровуватись. Враховуючи те, що під час капсулювання важливим є забезпечення не тільки стабільності, але й потрібної в'язкості емульсій, визначено залежність ефективної в'язкості емульсій від концентрації жирової фази (рис. 6).

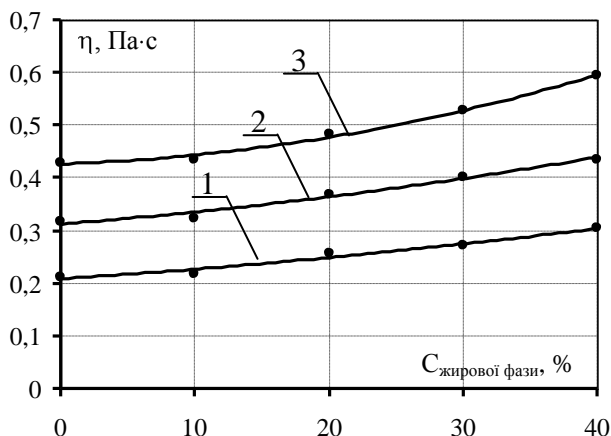


Рисунок 6 – Залежність ефективної в'язкості емульсій від концентрації жирової фази за концентрації ксантану, %: 1, 2, 3 – 0,4; 0,6; 0,8 (за $\gamma=60 \text{ c}^{-1}$)

Встановлено, що збільшення вмісту в системі жирової фази приводить до підвищення ефективної в'язкості емульсійних систем. Видно, що підвищення концентрації жирової фази від 10 до 40,0% приводить до зростання в'язкості емульсій в 1,4...1,5 рази, що зумовлено збільшенням частки жирової фази в дисперсійному середовищі.

Ефективна в'язкість емульсій, виготовлених на основі 0,8% розчину ксантану за вмісту жирової фази 20...30,0% становить 0,48...0,53 Па·с за швидкості зсуву 60 c^{-1} , що відповідає раціональному перебігу процесу капсулювання й формуванню капсул правильної кулеподібної форми. Висока стабільність цих емульсій забезпечує сприятливі умови для капсулювання та запобігає виникненню порушень у процесі.

Введення жирової фази до складу рецептурних сумішей для капсулювання окрім поліпшення смакових властивостей та підвищення харчової цінності сприяє покращенню зовнішнього вигляду капсул, оскільки зі зменшенням коефіцієнта пропускання систем зменшується їх прозорість і зростає мутність (рис. 7).

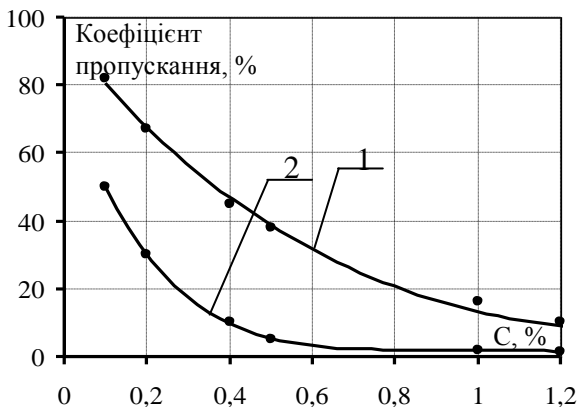


Рисунок 7 – Залежність коефіцієнтів пропускання ксантану (крива 1) та емульсій з вмістом жирової фази 30,0% (крива 2) від концентрації ксантану в системі ($\lambda = 540 \text{ нм}$)

Як видно з рис. 7, коефіцієнт пропускання емульсій у діапазоні 0,4...0,8% ксантану з вмістом 30,0% жирової фази складає 2...5,0%, тобто ці системи є непрозорими на відміну від розчинів ксантану відповідних концентрацій, значення коефіцієнта пропускання яких змінюється від 30 до 50,0%.

Співставлення одержаних результатів з органолептичними показниками капсульних продуктів показало, що напівпрозорі капсули, які виготовлені на основі розчинів ксантану, мають скловидність, невідповідний зовнішній вигляд та слабо виражену різницю між оболонкою та зовнішнім умістом капсул, тобто, нагадують собою гранули. Капсульні продукти, що виготовлені на основі рецептурних сумішей емульсійної структури, характеризуються гарною аспектною та візуально сприймаються як капсули. Тож зовнішній вигляд таких капсульних продуктів є більш сприятливими з точки зору імітації натуральної ікри та одержання капсульних напівфабрикатів емульсійних соусів.

Висновки. Таким чином, варіюванням вмісту жирової фази та концентрації ксантану в рецептурних сумішах для капсулювання можна одержувати капсульні продукти з потрібними властивостями – жироемісністю, фізичними, оптичними та структурно-механічними показниками, стабільністю та в'язкістю внутрішньої складової. На підставі одержаних експериментальних даних обґрунтовано склад рецептурних сумішей для капсулювання та визначено раціональні концентрації ксантану та жирової фази у їх складі, що складають відповідно 0,8 та 30,0%.

Список літератури

1. Гринченко, О. О. Наукове обґрунтування принципів отримання капсульних продуктів на основі натрій альгінату [Текст] / О. О. Гринченко, Є. П. Пивоваров, О. Ю. Рябець // Біотехнологія. Біобезпека. Харчова технологія. – Харків : НТУ «ХП», 2008. – № 2. – С. 7–16.
2. Кочеткова, А. А. Справочник по гидроколлоидам [Текст] / А. А. Кочеткова. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 536 с.
3. «Назад в будущее» – ксантановая камедь не теряет своего значения [Текст] // Пищевая промышленность. – 2001. – № 9. – С. 46–47.
4. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации [Текст] / А. А. Сарафанова. – 6-е изд. испр. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 200 с.
5. Дидух, О. Молочная стабилизация [Текст] / О. Дидух, Т. Дидух // Продукты & Ингредиенты. – 2006. – № 10. – С. 24–27.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© О.Ю. Рябець, С.В. Иванов, О.О. Гринченко, Є.П. Пивоваров, В.В. Зайцев, 2010.