

УДК 544.971.2

Г. О. САБАДОШ**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КАРАГІНАНІВ ПРИ ГЕЛЕУТВОРЕННІ МЕТОДОМ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ**

В статті наведені дослідження модельних систем на основі карагінанів. Для цього використовуються методи ІЧ-спектроскопії, які дозволяють визначити умови комплексоутворення білків і карагінанів. Наведені результати ІЧ-спектроскопічних досліджень, свідчать про виражені трансконформаційні зміни. Таким чином, на основі отриманих даних інфрачервоних спектрів можна стверджувати, що величина іонної сили та іонний склад впливають на конформаційний стан карагінанів та визначають процеси гелеутворення. Установлено виражену здатність до комплексоутворення капа-карагінану з білками молока у присутності іонів кальцію.

Ключові слова: гелеутворення, карагінан, модельні системи, комплексоутворення, трансконформаційні зміни, інфрачервоні спектри.

В статье приведены исследования модельных систем на основе каррагинана. Для этого использовали методы инфракрасной спектроскопии, которые позволили определить условия комплексообразования белков и каррагинана. Приведенные результаты исследований инфракрасной спектроскопии свидетельствуют о проявленных трансконформационных изменениях. Таким образом, на основании полученных данных инфракрасных спектров можно утверждать, что величина ионной силы и ионный состав влияют на конформационное состояние каррагинанов и определяют процессы гелеобразования.

Ключевые слова: гелеобразование, каррагинан, модельные системы, комплексообразование, трансконформационные изменения, инфракрасные спектры.

The article deals with the research of modeling systems based on carrageenans. For various technological factors, methods of infrared spectroscopy are used which allow to determine the conditions of complex formation of proteins and carrageenans. The results of IR spectroscopic studies indicate the pronounced transconformation changes. Thus, based on the data obtained from the infrared spectra, it can be argued that the magnitude of the ionic strength and ionic composition influence the conformational state of the carrageenans and determine the gelation processes. The expressed ability to form kappa-carrageen formation with milk proteins in the presence of calcium ions is established.

Key words: gel formation, carrageenan, model systems, complex formation, transconformation changes, infrared spectra.

Вступ.

Карагінан широко використовується в різних галузях харчової промисловості за рахунок його високих функціональних властивостей гелеутворювача, а також у складі різних композицій із метою зменшення синерезису або збільшення міцності гелю. Карагінан одержують екстрагуванням із червоних водоростей: фуцелярії, філофори, хондруса, еухеуми, гігартини, анфельції та ін. [1]. Карагінани – сульфатовані галактани, що містять D-галактозу і її похідні, залишки яких регулярно чергуються 1-4 і 1-3 зв'язками [1].

Гелеутворюючі властивості карагінанів залежать від їхньої хімічної структури, концентрації полімеру, природи полімеру, природи катіона, що додається, температури розчину. Гелеутворення для карагінанів, на відміну від агару, зумовлено специфічною взаємодією з певними катіонами [2]. Розрізняються карагінани за вмістом у них 3,6-ангідрогалактози й етерифікованих сульфатних груп.

У складі карагінанів присутні сполуки вуглеводного характеру (D-галактоза й 3,6-ангідрогалактоза), азотисті та мінеральні речовини. Загальний вміст азотистих речовин коливається в межах 0,1...5%. Вміст мінеральних речовин у карагінанах у середньому складає 21,2...27%.

Відомі два види карагінану, які утворюють гелі, – це капа-карагінан і йота-карагінан [3]. Завдяки властивостям комплексоутворення із білками

молока, збільшується міцність гелю та забезпечується дія захисного колоїду стосовно казеїну за рН нижче ізоелектричної точки. Це дозволяє здійснювати теплову обробку казеїну без згортання й появи крупчастості [4]. Як загусник із карагінанів використовують лямбда-карагінан, який, при взаємодії з казеїном покращує в'язкість, а підвищена концентрація попереджує синерезис, що дозволяє знизити вміст жиру й сухих речовин у продукті [4]. Лямбда-карагінан використовують для загущення й стабілізації швидкорозчинних порошкоподібних молочних продуктів. Молочні продукти, що містять карагінан, не вимагають гомогенізації під час виробництва, а присутність лямбда-карагінану надає їм структури мусу [5].

Для дослідження модельних систем на основі карагінанів за різних технологічних чинників використовуються методи ІЧ-спектроскопії, які дозволяють визначити умови комплексоутворення білків і карагінанів та вплив на процес кількісного та якісного іонного складу. З урахуванням того, що іонний склад молока складається з одновалентних і полівалентних іонів, нами на модельних системах досліджено взаємодію йота-карагінану з хлоридами натрію та кальцію і визначено вплив молока та казеїну на його перетворення в процесі гелеутворення методом інфрачервоної спектроскопії (ІЧ-спектроскопії).

© Г. О. Сабодш. 2017

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Проведено дослідження взаємодії йота-карагіану з хлоридом натрію в концентрації 0,1...0,3%. З урахуванням того, що, з одного боку, хлорид натрію підвищує сольобілізацію білків продуктів, а з іншого – є вираженим вологозв'язуючим агентом, нами під час аналізу ІЧ-спектрів (рис. 1) в області 3300...3380 cm^{-1} встановлено, що додавання хлориду натрію в зазначених кількостях не приводить до зменшення смуги поглинання –ОН груп, що могло статись лише за умови, якби гідроксильні групи могли зв'язуватися динамічними зв'язками з іонами натрію. Це є опосередкованим свідченням, що за цих концентрацій хлорид кальцію не є дегідратуючим агентом по відношенню до йота-карагіану та суттєво не впливає на конформацію молекул у розчиннику. [9]

Викладання основного матеріалу досліджень.

ІЧ-спектроскопія караганів, які досліджувалися, свідчить, що в їх складі, імовірно, є домішки азотовмісних речовин, про що свідчить

широка смуга за рахунок валентних коливань –NH в –NH₂ (3500...3300 cm^{-1} та одночасного деформаційного коливання –NH в 1650...1590 cm^{-1} .

Одночасна присутність цих смуг поглинання є підтвердженням наявності домішок азотовмісних речовин. За цих передумов у разі додавання хлориду натрію можливе виникнення зв'язків «кисень–метал», що може суттєво впливати на структуроутворення. Також можливе заміщення двовалентних металів на одновалентні, результатом чого є міжланцюгова деполімеризація і, як наслідок, підвищення рухливості моноланцюгів полісахариду, що може бути причиною більш щільної їх «упаковки» і зміни структури гелів.

У ході вивчення системи «йота-карагіан–хлорид натрію» нами відмічено зміни коливань спектроскопії в області 1300...1539 cm^{-1} і зроблено припущення, що вони зумовлені конфірмаційними змінами полімерного ланцюга макромолекули карагіану. Градієнт зміни структури карагіану включає в себе не тільки конфірмаційні зміни, але й зумовлений ними перерозподіл фізичних зв'язків та координаційних взаємодій. (рис. 1).

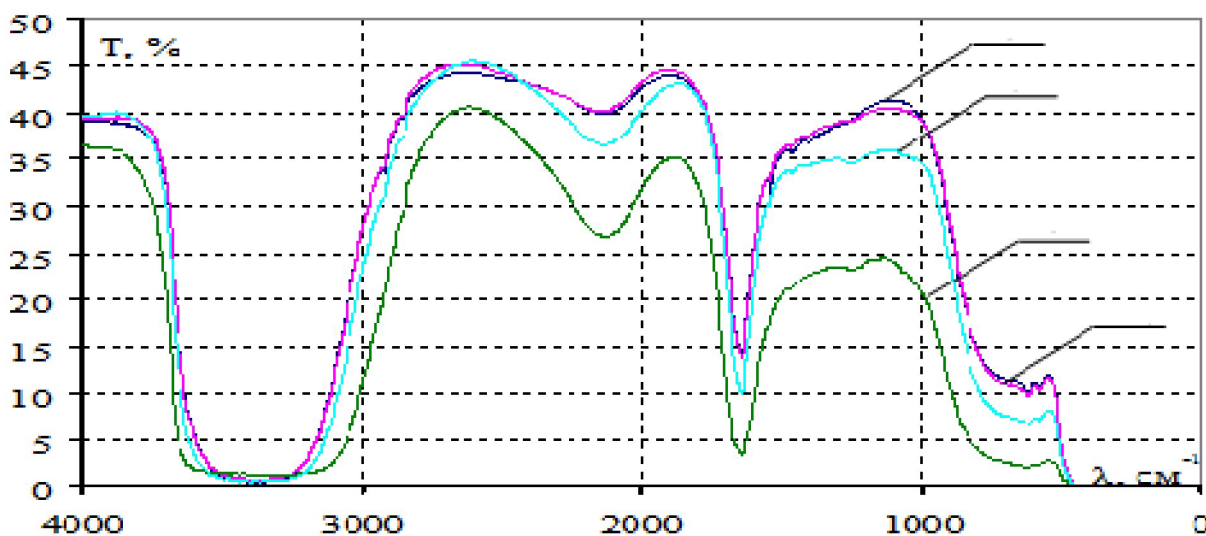


Рис. 1 Інфрачервоні спектри розчину йота-карагіану (0,4%) з різними концентраціями хлориду натрію: 1, 2, 3, 4 – 0; 0,1; 0,2; 0,3% відповідно

Під час послідовного співставлення ІЧ-спектрів «йота-карагіан–хлорид натрію» з ІЧ-спектрами йота-карагіану маємо конфірмаційні зміни пов'язані з концентрацією хлориду натрію. З'ясовано, що додавання хлориду натрію приводить до зсуву в бік довгохвильових чисел (1539 cm^{-1} для йота-карагіану, 1541 cm^{-1} – для йота-карагіану з 0,1% хлориду натрію), що є підтвердженням певного роду просторових, тобто конфірмаційних змін йота-карагіану. Це дає можливість стверджувати про виражену чутливість караганів до іонної сили взагалі, а також, імовірно, до якісного поліелектролітного складу. Поступове збільшення концентрації хлориду натрію приводить до більш виражених конфірмаційних змін.

Можна передбачити, що як варіювання концентрації одноосновної солі, так і порядок її введення в розчин, можуть суттєво змінювати конформацію макромолекули йота-карагіану та його функціональні властивості.

Перерозподіл інтенсивності стану зі збільшенням концентрації хлориду натрію і зміщення в бік високих частот смуг свідчить про перерозподіл (ослаблення) водневих зв'язків. Додавання двовалентних іонів (хлориду кальцію) більш інтенсивно діє на конфірмаційні зміни і не залежить від концентрації в інтервалі 0,1...0,3%. На відміну від хлориду натрію уже за концентрації 0,1% для хлориду кальцію зникають конфірмаційно чутливі зони, зафіксовані за 1539 та 1465 cm^{-1} (рис. 2)

Це повинно підтверджуватися експериментально, тобто в спектрах зі збудувачами структури (молоко, казеїнати) можна очікувати зміну інтенсивності конформаційно чутливих смуг карбонілів і валентних коливань $-NH_2$.

Інформаційно важливою є відсутність зміщення інтенсивності поглинання за інших хвильових чисел у бік більш високих частот смуг, яка підтверджує, що виникнення нового конформаційного стану не пов'язано з порушенням регулярності будови карагінану і не викликає перерозподілу водневих зв'язків. Видно, що в спектрі йота-караганів чітко проявлені дві розподільні неінтенсивні смуги 1335, 1360 cm^{-1} (рис. 2), а також чітка смуга 1425 cm^{-1} . Експериментально підтверджено, що під час додавання іонів кальцію та носіїв іонів кальцію

інтенсивність цих смуг зменшується з одночасно інтенсивно зростаючими смугами 1055, 1139, 1235 cm^{-1} . Можна стверджувати, що поглинання 1159, 1118, 1075, 1041 та, можливо, 994 cm^{-1} є конформаційно чутливими, а для карагану смуги 1360, 1425, 1540 cm^{-1} свідчать про можливий перехід трансконформацій в інші конформаційні структури.

Оскільки нами визначено, що для карагану характерна наявність конформаційно чутливих зон, інтерпретація яких за віднесенням хвильових чисел має певні труднощі, трактування результатів за впливом збудуючих речовин, які потенційно впливають на караган, що відносяться до солей, можна робити з урахуванням цієї інформації. Особливо це виражено під час додавання молока знежиреного (рис. 3.).

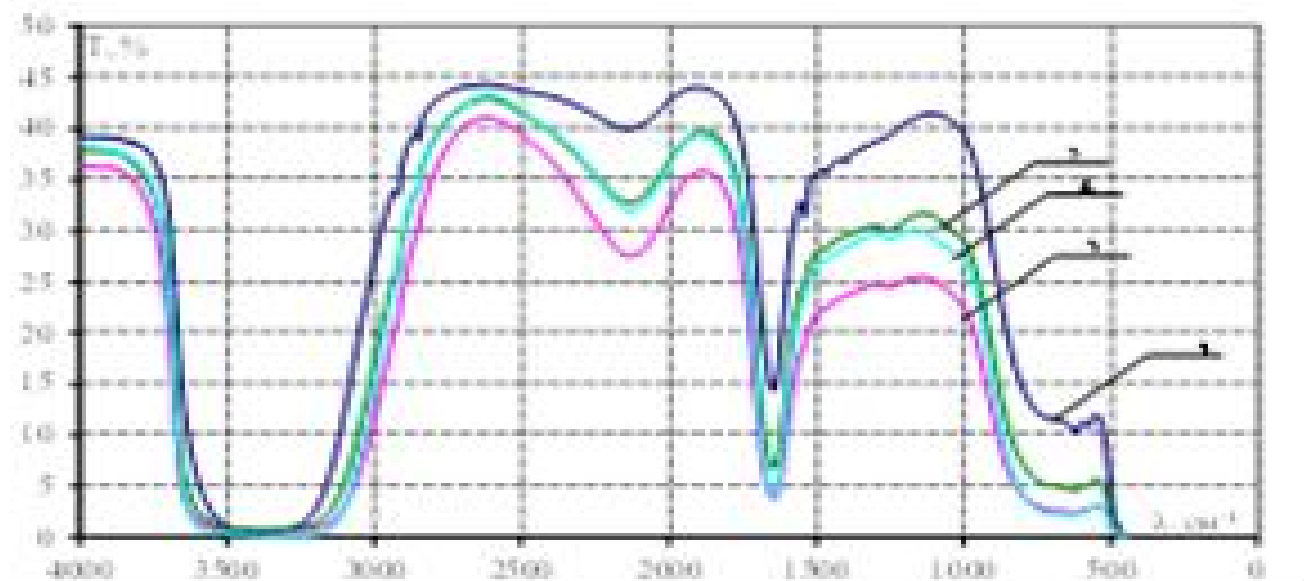


Рис. 2. Інфрачервоні спектри розчину йота-карагану (0,4%) з різними концентраціями хлориду кальцію: 1, 2, 3, 4 – 0; 0,1; 0,2; 0,3% відповідно

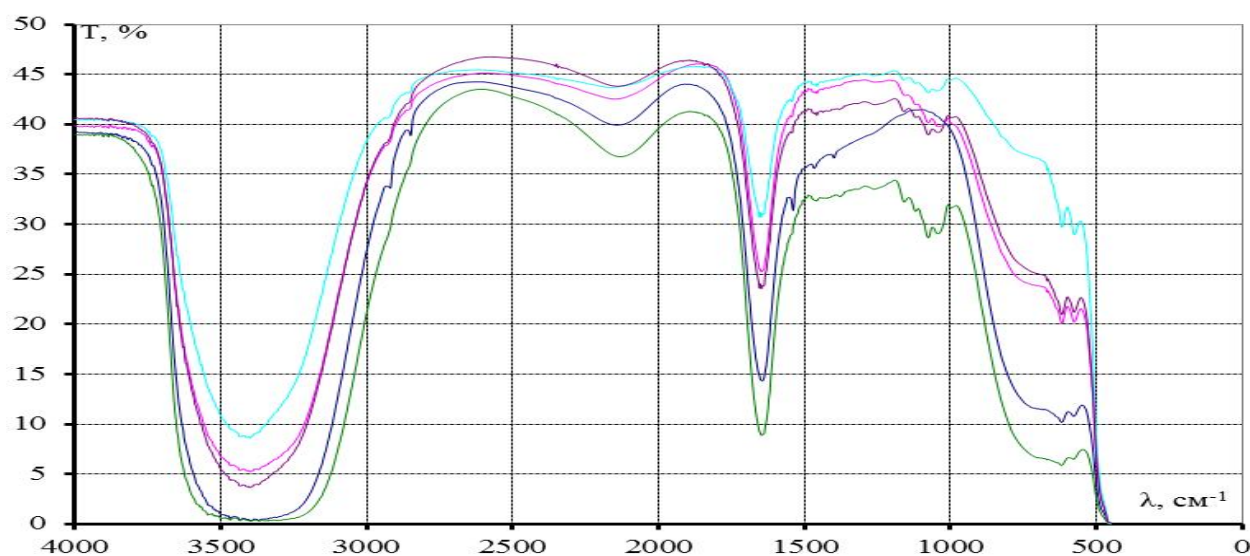
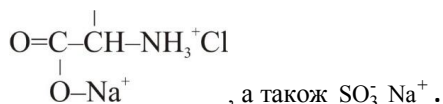


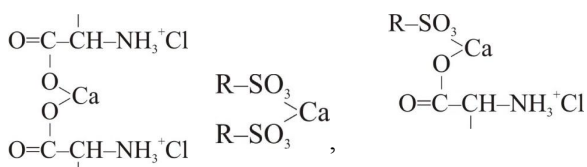
Рис. 3. Інфрачервоні спектри розчину йота-карагану (0,4%) – 1; розчину знежиреного молока (7,5%) з різною концентрацією йота-карагану: 2, 3, 4, 5 – 0; 0,3; 0,4; 0,5% відповідно

Спектри йота-карагінанів також одночасно містять аніонні $-\text{SO}_3^-$ групи, які мають інтенсивне поглинання в областях $1050, 1130, 1200 \text{ см}^{-1}$. Як свідчить аналіз кривих із додаванням солей та казеїнату натрію (рис. 3), інтенсивність спектрів основного максимуму (1130 см^{-1}) у спектрах чистого карагінану не зміщена, що свідчить про відсутність хімічної взаємодії групи $-\text{SO}_3^-$. Інтенсивність бічних груп атомів (1050 та 1200 см^{-1}) також збігається з гіпотезою про наявність вільних $-\text{SO}_3^-$ груп.

Таким чином, можна стверджувати, що комплексоутворення в системі «йота-карагінан-молоко» відбувається за участю іонів кальцію з сульфогрупами йота-карагінану та карбоксильними групами білків за нейтральних значень pH. Додавання солей хлориду натрію та хлориду кальцію суттєво змінює інтенсивність в областях $1335\dots1360, 1440\dots1465$ та 1130 см^{-1} , які слід віднести до наявних у структурі карагінанів хімічних груп смуги C-N та $-\text{SO}_3^-$. Слід підкреслити, що в разі додавання хлориду кальцію зменшується інтенсивність смуги C-N та $-\text{SO}_3^-$, але закономірностей зміни концентрації хлориду натрію не простежується. У той же час, додавання малих концентрацій хлориду кальцію приводить до значної зміни в поглинанні конформаційно чутливих зон. Така зміна можлива з огляду на те, що можливі залишки азотовмісних речовин у складі карагінану (амінокислот, білків), які можуть утворювати додаткові взаємодії за рахунок іонних зв'язків за схемами: а) для хлориду натрію:



б) для хлориду кальцію:



Це призводить до зниження інтенсивності поглинання в ІЧ-спектрах в області 1130 см^{-1} . Для випадку зі знежиреним молоком, де іонний склад солей зовсім інший, цей ефект також спостерігається, але з іншою інтенсивністю поглинання в ІЧ-спектрах.

Звертають на себе увагу область 1600 см^{-1} , яка не зникає за умов додавання всіх досліджених речовин, а також конформаційно чутливі зони $1425, 1465$ та 1540 см^{-1} , які показують, що конформаційні зміни та перерозподіл водневих зв'язків супроводжуються виникненням нових зв'язків груп $-\text{SO}_3^-$ та $(-\text{CO}-\text{NH}-)$ з іонами кальцію та хлору з утворенням нещільних структур за участю води у формі структуруючого елемента.

Наведені результати ІЧ-спектроскопічних досліджень показують зменшення інтенсивності смуг $1425, 1465, 1540 \text{ см}^{-1}$, що свідчить про виражені трансконформаційні зміни у присутності солей та носіїв іонів. Імовірно, через хімічну структуру йота-карагінанів додавання солей притягує протилежні ним заряди на ланцюгах гідроколоїду, зсуваючи структуру статичного клубка, характерну для розчинів, у більш упорядковану та упаковану за новою закономірністю, тобто сприяючи гелеутворенню системи. У той же час, зниження інтенсивності смуг $-\text{SO}_3^-$ та $(-\text{CO}-\text{NH}-)$ є непрямим свідченням можливого виникнення ковалентних міжланцюгових зшивок за структурою хелатних комплексів, які підсилюють міцність гелеподібних систем.

Важливою є інформація про стабільність смуг $1600\dots1650 \text{ см}^{-1}$; розширення смуги $3200\dots3400 \text{ см}^{-1}$ свідчить, що ця зміна відбулась не за рахунок $-\text{C}=\text{O}$ та $-\text{NH}-$, що дає право стверджувати: у структуроутворенні беруть участь групи $-\text{SO}_3^-$ з виникненням більш регулярної, але менш щільної структури.

У результаті аналізу спектрів капа-карагінану також виявлено валентні коливання $-\text{NH}-$ в $-\text{NH}_2$ $3500\dots3300 \text{ см}^{-1}$ (рис. 4) та одночасно деформаційні коливання $-\text{NH}-$ в $1650\dots1590 \text{ см}^{-1}$, що свідчить про наявність азотовмісних домішок.

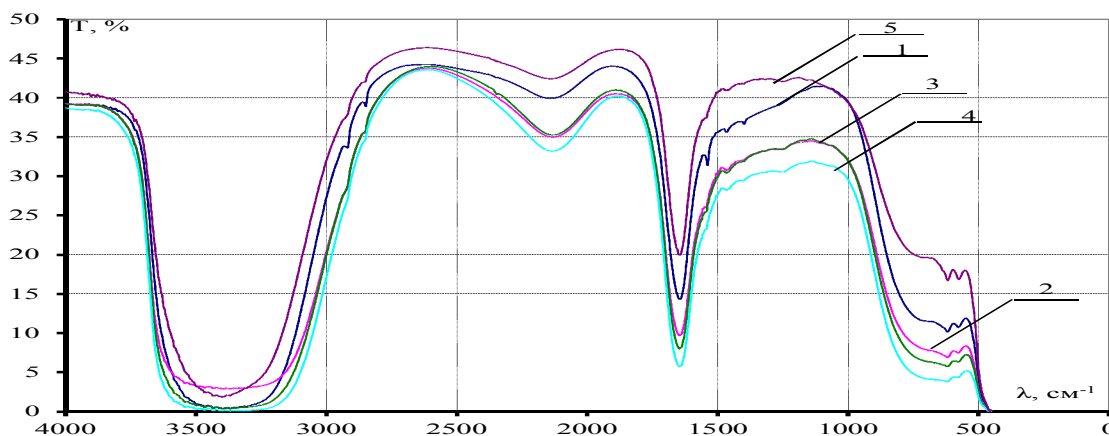


Рис. 4. Інфрачервоні спектри розчину йота-карагінану (0,4%) – 1; розчину казеїнату натрію (2,5%) з різними концентраціями йота-карагінану: 2, 3, 4, 5 – 0,3; 0,4; 0,5% відповідно

Інтенсивність смуг поглинання в конформаційно чутливій зоні капа-карагінану значно нижча порівняно з поглинанням йота-карагінану. Імовірно, це викликано тим, що капа-карагінан має у своєму складі хлорид калію, що приводить до зниження інтенсивності смуг поглинання в конформаційно чутливій зоні. Так, зокрема, відсутня смуга поглинання за 1539 см^{-1} в конформаційно чутливій зоні, яка також зникає з підвищенням іонної сили розчину в йота-карагінані.

У результаті додавання казеїнату натрію спостерігається зменшення інтенсивності поглинання за довжин хвиль 1450 та $1240\text{--}1260\text{ см}^{-1}$ та поява смуг поглинання за довжин хвиль 1140 см^{-1} та 1045 см^{-1} , що свідчить про трансконформаційні зміни, бо

не спостерігається зсув смуг поглинання до області більших довжин хвиль.

Це дає підставу вважати, що в системі «капа-карагінан–казеїнат натрію» не утворюються ковалентні зв'язки.

Значні зміни спостерігаються в разі додавання знежиреного молока. Так, видно розширення зони $3200\text{--}3400$ до $3100\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ з одночасним збільшенням інтенсивності поглинання за 1600 см^{-1} та конформаційно чутливої зони за $1440, 1395, 1100, 1035\text{ см}^{-1}$ показують, що відбувається перерозподіл водневих зв'язків та виникнення нових зв'язків груп $-\text{SO}_3^-$ та $(-\text{CO}-\text{NH}-)$ з іонами кальцію з утворенням щільних структур за участю води.

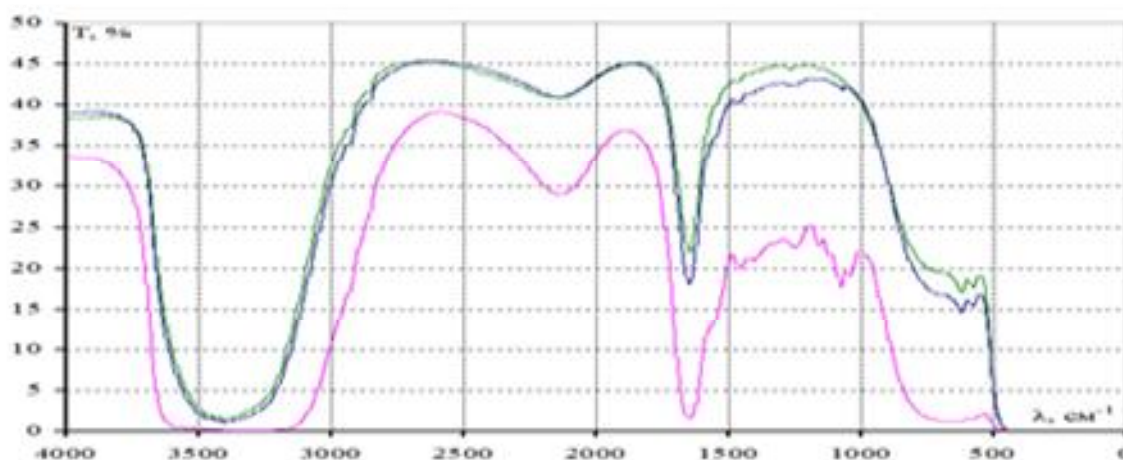


Рис.5 Інфрачервоні спектри розчинів капа-карагінану (0,4%): розчин капа-карагінану; 2 – розчин капа-карагінану з казеїнатом натрію 2,5%; 3 – розчин капа-карагінану з знежиреним молоком (7,5%)

Зміщення смуг поглинання, характерних для $-\text{SO}_3^-$, $1050, 1130$, та 1200 см^{-1} в область більших хвильових чисел відповідно $1070, 1136, 1235\text{ см}^{-1}$ підтверджує факт хімічної взаємодії $-\text{SO}_3^-$ через іони кальцію з карбоксильними групами білків для утворення хелатних комплексів «карагінан–кальцій–казеїн».

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, на основі отриманих даних інфрачервоних спектрів можна стверджувати, що величина іонної сили та іонний склад впливають на конформаційний стан карагінанів та визначають процеси гелеутворення.

Список літератури

1. Guist G. Applications for seaweed hydrocolloids in prepared foods / G. Guist // Introduction to Applied Phycology / ed. Acatsuka I. SPB Academic Publishing bv. The Hague. The Netherlands. 1990. – P. 391–400.
2. Комарова Е. Л. Полисахариды для молочной промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <www.naturalingredients.ru/netcat-files/File/Papers/Polysaccharide.pdf>.

Встановлено виражену здатність до комплексоутворення капа-карагіну з білками молока у присутності іонів кальцію, у разі їх відсутності взаємодія незафіксована. Більш схильним до взаємодії з білками молока є йота-карагінан, що, імовірно, пов'язано з більшим вмістом у ньому сульфогруп.

З отриманих даних видно, що взаємодії «білок–карагінан» характеризуються концентраційними співвідношеннями.

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати використання йота-карагінану для виробництва піноподібної десертної продукції на основі молока.

3. Stanley N. F. The effect of carrageenan on peptic and tryptic digestion of casein / N. F. Stanley // Prog. Food Nutr. 1982. – Vol. 6. – P. 161–170.
4. Lewis G. Commercial production and applications of algal hydrocolloids / G. Lewis, N. Stanley, G. Guist // Algae and Human Affairs / ed. C Lembi. University of Washington, Seattle. 1988. – P. 41–43.
5. Tvetr-Galagher E. Biological properties of carrageenans / E. Tvetr-Galagher, A. Mathieson // Biotechnology of marine polysaccharides / Ed. R. Colwell. – Washington ; New York ; London. 1985. – V. 27. – P. 413–431.

6. Подкорытова А.В. Обоснование и разработка технологий ионозависимых полисахаридов при комплексной переработке морских водорослей : автореф. дис. ... доктора технич. наук. А.В. Подкорытова. – М., 1995. – 25 с.
7. Сабадош Г.О. Визначення основних фізико-хімічних показників якості молочних десертів з пінною структурою / Г.О. Сабадош // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 97–103.
8. Сабадош Г.О. Вплив факторів на піноутворення в технології молочних десертів з використанням карагінану/ Г.О. Сабадош // Вісник НТУ ХП». – Х. : НТУ «ХП», 2016. – № 29(1201). – С. 49–54.
9. Сабадош Г.О. Технологія десертів молочних з використанням карагінанів : дис. ... канд. техн. наук / Сабадош Ганна Олександрівна. – Х., 2010. – 154 с.
10. Просяков А.Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой: монография / А.Ю. Просяков. – Кемерово, 2001. – 172 с.
11. Кирьянова А.А. Использование гидроколлоидов в молочном производстве / А.А. Кирьянова, И.Л. Корецкая // Молочное дело. 2006. – № 2. – С. 44–45.
12. Касторных М.С. Молочный коктейль на основе пахты и молочной сыворотки / М.С. Касторных // Соврем. технология сыроделия и безотход. перераб. молока. – Ереван, 1989. – С. 318–319.
13. Наука в СевКавГТУ [Электронный ресурс]: / Вестник СевКавГТУ. – Режим доступа : <<http://science.ncstu.ru>>.
2. Komarova E.L. Polisakharidy dlya molochnoy promyshlennosti [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa <www.naturalingredients.ru/files/File/Papers/Polysaccharide.pdf>.
3. Stanley N.F. The effect of carrageenan on peptic and tryptic digestion of casein / N. F. Stanley // Prog. Food Nutr. 1982. – Vol. 6. – P. 161–170.
4. Lewis G. Comercial production and applications of algal hydrocolloids / G. Lewis, N. Stanley, G. Guist // Algae and Human Affairs / ed. C Lembi. University of Washington, Seattle. 1988. – P. 41–43.
5. Tvetr-Galagher E. Biological properties of carrageenans / E. Tvetr-Galagher, A. Mathieson // Biotechnology of marine polysaccharides / Ed. R. Colwell. – Washington ; New York ; London. – 1985. – V. 27. – P. 413–431.
6. Podkorytova A.V. Obosnovaniye i razrabotka tekhnologii ionozavisimykh polisakharidov pri kompleksnoy pererabotke morskikh vodorosley : avtoref. dis. ... doktora tekhnich. nauk. A. V. Podkorytova. – M.. 1995. – 25 p.
7. Sabadosh G.O. Viznachennya osnovnih flziko-hlmichnih pokazniklv yakosti molochnih desertlv z plnnoyu strukturoyu / G.O. Sabadosh // Progresivnl tehnlka ta tehnologiyi harchovih virobnitstv restorannogo gospodarstva I torglvtl : zb. nauk. pr. / Hark. derzh. un-t harch. ta torg. – H. : HDUHT, 2010. – Vip. 1 (11). – P. 97–103.
8. Sabadosh G.O. The influence of factors on the foaming technology of milk desserts using carrageenan/ G.O Sabadosh // Visnyk NTU «HPI». – H. : NTU «HPI», 2016. – № 29(1201). – P. 49–54.
9. Sabadosh G.O. Tehnologiya desertlv molochnih z vikoristannyam karaglanlv : dis. ... kand. tehn. nauk / Sabadosh Ganna Oleksandrivna. – H., 2010. – 154 p.
10. Prosekov A. Ju. Fiziko-himicheskie osnovy poluchenija pishhevyh produktov s pennoj strukturoj : monografija / A. Ju Prosekov. – Kemerovo, 2001. – 172 p.
11. Kir'janova A. A. Ispol'zovanie gidrokolloidov v molochnom proizvodstve / A. A. Kir'janova, I. L. Koreckaja // Molochnoe delo. 2006. – № 2. – P. 44–45.
12. Kastornyh M. S. Molochnyj koktejl' na osnove pahty i molochnoj syvorotki / M.S. Kastornyh // Sovrem. tehnologija syrodeliya i bezotход. pererab. moloka. – Erevan, 1989. – P. 318–319.
13. Nauka v SevKavGTU [Elektronnyj resurs] / Vestnik SevKavGTU. – Rezhim dostupa : <<http://science.ncstu.ru>>.

Bibliography (transliterated)

1. Guist G. Applications for seaweed hydrocolloids in prepared foods / G. Guist // Introduction to Applied Phycology / ed. Acatsuka I. SPB Academic Publishing bv. The Hague. The Netherlands. 1990. – P. 391–400.

Почынула (received) 10.06.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження змін карагінанів при гелеутворенні методом інфрачервоної спектроскопії / Г.О. Сабадош // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 18 (1240). – С. 67–72. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследование изменений каррагинанов при гелеобразовании методом инфракрасной спектроскопии. / Г.О. Сабадош // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 18 (1240). – С. 67–72. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Investigation of changes of carrageenans at gel formation by the method of infrared spectroscopy / G.O Sabadosh // Visnyk NTU «HPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – H. : NTU «HPI», 2017. – № 18 (1240). – С. 67–72. – Bibliogr.: 13 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сабадош Ганна Олександрівна – Ужгородський торговельно-економічний інститут КНТЕУ, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.

Сабадош Анна Александровна – Ужгородський торгово-економічний інститут КНТЕУ, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.

Sabadosh Ganna Oleksandrivna - Uzhgorod trade and economic Institute KNTEU, associate professor technology and organization of restaurant business; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.