

Попередня дефекація – один із найважливіших етапів очищення дифузійного соку від нецукрів. Дослідження агрегативної стійкості складної гетерогенної системи, якою є дифузійний сік, має суттєве значення для досягнення головної мети попередньої дефекації – максимальної коагуляції та осадження високомолекулярних колоїдно-диспергованих сполук (ВМС), отримання осаду, стійкого до дії високої лужності в умовах основної дефекації. Для досягнення цієї мети важливо визначити точку введення твердої фази – суспензії осаду I чи II сатурації, який повертається на попередню дефекацію.

Згідно із сучасними досягненнями науки агрегативна стійкість дисперсних систем визначається балансом сил притягування і відштовхування, які діють між колоїдними часточками [1].

Теорія стійкості іоностабілізованих дисперсій – теорія Дерягін – Ландау – Фервея – Овербека, відома як теорія ДЛФО, дає змогу визначити енергію взаємодії часточок залежно від відстані між ними [2, 3].

П.А.Ребіндер [4] наводить два основних чинники, які характеризують агрегативну стійкість дисперсних систем – електростатичний бар'єр, зумовлений силами відштовхування, та адсорбційно-сольвативний бар'єр, який оточує часточку, створює гідратну оболонку і запобігає зближенню однієї часточки з іншими.

Для вивчення агрегативної стійкості колоїдних систем застосовують різні методи: поточної ультрамікроскопії, вимірювання швидкості седиментації та об'єму осаду, утворюваного під час коагуляції дисперсій електролітами, вимірювання електропровідності, діелектричної проникності, в'язкості, ξ -потенціалу, радіуса колоїдних часточок, питомої інтегральної теплоти змочування системи [5].

Щоб дослідити агрегативну стійкість РКД дифузійного соку і модельних розчинів, до складу яких входили пектинові, білкові речовини та продукти розкладу білків – пептиди, зупинилися на методах вимірювання в'язкості та електропровідності. Вимірювання в'язкості застосовують для вивчення глибоких конформаційних змін у макромолекулі білка [7], електропровідності – для дослідження будови подвійного електричного шару дисперсних систем [5].

Методика проведення дослідів була така: дифузійний сік або проби переддефекованого соку з перших секцій прогресивного переддефекатора системи Бригель-Мюллера розливали в кілька склянок і підлужували розчином NaOH концентрацією 0,01 моль/л чи розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до значення pH 8,0; 8,5; 9,0; 9,25; 9,5; 9,75; 10,0 і 11,0. Перед вимірюванням в'язкості або електропровідності проби соків і розчинів центрифугували або ретельно фільтрували крізь паперовий фільтр, щоб отримати прозорий фільтрат.

Готували модельні розчини бурякового пектину (0,1 і 0,2%), альбуміну марки хч (0,1 і 0,2%), суміші 0,1 % альбуміну і 0,1% пектину, пептидів – продуктів деструкції білка Glycyl-L-Leucine і Glycyl-DL-Tryptophane різної концентрації (0,05%; 0,1 і 0,2%). Підлужування цих розчинів здійснювали розчином NaOH, концентрація якого 0,1 моль/л.

В'язкість вимірювали за допомогою віскозиметра системи Гепплера, з'єданого з ультратермостатом (при температурах 20°C, 40 і 60°C).

Як показали дослідження, при введенні електроліту NaOH в дифузійний сік і в модельні розчини пектинових речовин, альбуміну або продуктів деструкції білка –

пептидів спостерігається зниження агрегативної стійкості системи, яке супроводжується помутнінням розчину і зменшенням в'язкості – явищами, характерними для коагуляції типових колоїдних систем.

Характерним для всіх досліджуваних розчинів є поліекстремальний сімбатний вигляд залежності їхньої в'язкості від рН, причому точки максимумів і мінімумів в'язкості спостерігаються при певних значеннях рН як для дифузійного соку, так і для модельних розчинів. Отже, в'язкісна поведінка дифузійного соку визначається поведінкою наявних в ньому біополімерів – пектинових, білкових речовин і продуктів їх розкладу. Розглянемо детальніше механізм впливу рН на в'язкість модельних розчинів.

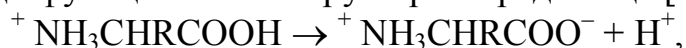
Для модельних розчинів альбуміну екстремальні точки найменшої в'язкості відповідають значенням рН 7,9...8,0; 9,0 і 10,5; максимальне значення в'язкості спостерігали при рН 9,5. Для продуктів деструкції білка – пептидів екстремальні точки в'язкості розміщуються в зоні рН 8,5; 9,25 і 10,0 (найменша в'язкість) і в зоні рН 9,75 (максимальна в'язкість).

Коливальний характер зміни в'язкості модельних розчинів альбуміну і пептидів, очевидно, пов'язаний з глибокими конформаційними змінами і процесами взаємодії макромолекул білка з добавленим електролітом NaOH, які зумовлено нативною структурою і певною послідовністю амінокислот в молекулі білка, типом спіралізації, просторовим розташуванням всіх поліпептидних ланцюгів і кислотно-лужними властивостями нативних глобулярних білків, а також пептидів і амінокислот.

Рентгеноструктурний аналіз глобулярних білків [7] показав, що поліпептидні ланцюги їх згорнуті дуже компактно, так, що всередині глобули містяться гідрофобні неполярні (тобто неіонізовані) радикали амінокислот, які утворюють неполярне ядро глобули. Всі або майже всі полярні радикали амінокислот розміщуються на поверхні такої глобули в гідратованому стані [7]. Невелика кількість гідрофобних радикалів може залишатись на поверхні білкових молекул, де вони утворюють "гідрофобні кластери", що забезпечують мозаїчність поверхні глобул та відіграють певну роль у стабілізації структури. Гідрофобна взаємодія у водних розчинах білків є фактором стабілізації конформацій на різних рівнях організації білків (вторинна, третинна і четвертинна структури). Ступінь іонізації різних функціональних груп може змінюватися залежно від природи поряд розташованих груп і рН середовища.

Очевидно, зона мінімального значення в'язкості для розчинів білків, пептидів і дифузійного соку при значенні рН 9,0...9,25 зумовлена сумарною величиною pK_2 амінокислот, які входять до складу білка, а мінімальна зона в'язкості для пептидів і дифузійного соку при значенні рН 8,5 – величиною pK_2 для пептидів [7].

Кислотно-лужні властивості нативних глобулярних білків в розчині зумовлені наявністю великої кількості іонізованих функціональних груп різних амінокислотних залишків; α -аміногрупа і α -карбоксильна група, які розташовані на кінцях пептидних ланцюгів вносять невеликий вплив на ці властивості. Ступінь іонізації функціональних груп любого типу може змінюватись залежно від природи сусідніх функціональних груп. Співвідношення різних іонів залежно від ступеня іонізації функціональних груп і рН середовища [7] можна подати у вигляді рівнянь





Значення pK_2' для більшості амінокислот, які входять до складу білків, лежать у межах 9,04...9,60. Для амінокислот з негативно зарядженими функціональними групами (глутамінова та аспарагінова) pK_2' становить 9,13 і 9,82; з позитивно зарядженими групами (лізин, аргінін, гістидин) – 8,95; 9,04; 9,17 відповідно [7].

Величина pK_2' відповідає значенню pH , при якому в розчині в еквімолекулярних концентраціях наявні іони $^+ \text{NH}_3\text{CHRCOO}^-$ та $\text{NH}_2\text{CHRCOO}^-$ радикалів функціональних груп амінокислот, які входять до складу білка; заряд молекули білка буде мінімальним. При значеннях pH , вищих ніж pK_2' , збільшується ступінь дисоціації карбоксильних груп, у розчині переважно будуть іони $\text{NH}_2\text{CHRCOO}^-$, заряд молекули буде збільшуватись.

Зона мінімальної в'язкості для пептидів, згідно з дослідженнями, буде при значенні pH 8,5. Це значення pH , очевидно, зумовлено сумарною величиною pK_2' пептидів. Кислотно-лужні властивості наявних у розчині пептидів визначають вільна α -аміногрупа NH_2 – кінцевого залишку, вільна α -карбоксильна група COOH – кінцевого залишку та інші функціональні групи, які здатні до іонізації. В довгих поліпептидних ланцюгах число іонізованих функціональних груп значне порівняно з двома іонізованими групами кінцевих залишків. Величина pK_1' для кінцевих α -карбоксильних груп у пептидах дещо більша, а для α -аміногруп pK_2' дещо менша, ніж у вільних α -амінокислотах [7]. Значення pK_2' для пептидів становить, наприклад, для Глі-Ала (гліцин-аланіну) 8,23, Ала-Глі (аланін-гліцину) – 8,24, Глі-Глі (гліцин-гліцину) – 8,13, Глі-Асп (гліцин-аспарагінова) – 8,60.

Наявність виявлених зон мінімальної в'язкості в лужних розчинах білків і пептидів можна пояснити на підставі робіт [6], які певною мірою збігаються з викладеним вище. С.С.Воюцький вважає, що найменша в'язкість амфотерних білків відповідає ізоелектричному стану, в якому по всій довжині молекули розташована однакова кількість іонізованих лужних і кислотних груп, гнучка макромолекула згорнута дуже компактно в клубок і, завдяки малому об'єму цього клубка, досить мало перешкоджає течії рідини. Зміна pH впливає на заряд і форму макромолекули білка, а також на ті властивості розчину – в'язкість, осмотичний тиск, які залежать від форми розчинених макромолекул.

Ентальпія переходу із розгорнутого в згорнутий стан невелика, а зменшення ентропії при переході розгорнутого поліпептидного ланцюга в згорнутий компактний стан компенсується виграшем ентропії внаслідок зменшення контактів неполярний залишок – вода [8].

Введення електроліту NaOH в розчин впливає на ступінь іонізації різних функціональних груп, які входять до складу альбуміну, зумовлює згортання поліпептидного ланцюга, тобто глобулізацію білка з наступною денатурацією і подальшим розгортанням поліпептидного ланцюга. Процес денатурації можна розглядати як зміну зовнішнього оточення неполярних амінокислотних залишків, збільшення кількості контактів неполярних бічних груп з молекулами води. При значеннях pH , більших ніж 9,5, молекула альбуміну, поліпептидний ланцюг якої в натуральному стані містить 30% α -спіральних ділянок і згорнутий в компактну глобулу, зазнає глибоких конформаційних змін, які призводять до втрати нативних

властивостей молекул й утворення безладних клубків [8]. Злипання денатурованих молекул зменшує вільну енергію системи. Макромолекули білка втрачають розчинність, і в розчинах з'являються агрегати молекул, накопичення яких зумовлює утворення коагуляційних дисперсних структур.

Наявність мінімального значення в'язкості для білкових речовин у зоні рН 10,5, очевидно, пов'язана з високим значенням рН ізоелектричної точки (pK_R' функціональних груп) амінокислот з незарядженими і тими, що несуть позитивний заряд і входять до складу білка (pK_R' для тирозину становить 10,07, лізину – 10,53, аргініну – 12,53) [7]. Ізоелектрична точка для пептиду типу Ала-Ала-Ліз-Ала становить 10,58.

Відповідно до сучасних уявлень про агрегативну стійкість розчинів ВМС максимальна адсорбція альбуміну і різних білків на різних поверхнях поділу фаз (сілікагель, латекси полістиролу та інші) за даними В.Норде і Дж.Ліклема [9], Ю.І.Тарасевича [10], В.Н.Ізмайлової [8], А.А. Барана [5] спостерігається в ізоелектричній точці поліелектроліту, в якій макромолекула має найменші розміри і найстійкішу молекулярну структуру, а отже менше підлягає деформації при переході на поверхню. Ці відомості підтверджують запропонований механізм впливу рН на в'язкість розчинів білка.

Відповідно до отриманих експериментальних даних в зонах рН 8,0 і 8,5; 9,0...9,25, які відповідають ізоіонному стану білків і продуктів їх розкладу – пептидів і в яких спостерігається мінімальна в'язкість білків і пептидів, слід очікувати максимальну адсорбцію цих речовин на поверхні адсорбенту $CaCO_3$ при поверненні його на попередню дефекацію з метою підвищення ефективності проведення процесу очищення.

Для розчинів пектинових речовин екстремальні точки в'язкості спостерігаються при рН 9,25 і 10,5 (мінімальна в'язкість), а також при 10,0 (максимальна в'язкість). В модельних розчинах, до складу яких входили пектинові речовини і продукти деструкції білка (0,1% пектинових речовин і 0,1% Glycy-L-Leucine), точки мінімальної в'язкості спостерігаються при рН 9,25 та 10,0.

Агрегативна стійкість пектинових речовин як природних високомолекулярних електролітів детально розглянута в праці [11]. Вона зумовлена хімічною будовою, ступенем полімеризації і дисоціації, гнучкістю макромолекули. Завдяки високій щільності розташування іоногенних груп (в основному карбоксильних) макромолекули пектинових речовин у розчині змінюють свою конформацію, яка залежить від вмісту іонізованих карбоксильних груп (COO^-). У водних розчинах пектинова молекула має форму спіралі, карбоксильні групи розташовані одна під одною. При максимальній іонізації внаслідок відштовхування одноіменно заряджених COO^- груп спіралеподібна молекула набуває максимальних лінійних роз-мірів, збільшується її в'язкість. Зі зменшенням ступеня іонізації молекула стискується в напрямку своєї осі, зменшується її поверхневий заряд, макромолекула пектину набуває мінімального об'єму, в'язкість розчину також зменшується. Така система характеризується мінімальною гідратацією молекул, малою електропровідністю і нестійкістю до коагуляції [12].

Отримані дані підтверджують запропонований в працях [11,12] механізм дії лугу на в'язкість розчинів пектину. Введення електроліту NaOH в розчини пектину

(до рН 9,25) зумовлює стиснення подвійного електронного шару, нейтралізацію негативного заряду часточок пектину, зменшення їх електрокінетичного потенціалу. Зменшуються гідратація макромолекул і в'язкість розчину, він стає нестійким до коагуляції. Як показали наші дослідження, з використанням Raman-спектрів пектинових речовин, при значенні рН 9,25 має місце зміна конформації макромолекул пектину, змінюється “крок” спіралі. Подальше збільшення рН розчинів від 9,5 до 10,0 супроводжується збільшенням кількості іонізованих карбоксильних груп, збільшенням гідрофільності осаду.

Як зазначалось вище, форма кривих залежності в'язкості від рН дифузійного соку аналогічна кривим, отриманим для чистих модельних розчинів білкових і пектинових речовин, і, очевидно, пов'язана з глибокими конформаційними змінами білкових речовин, продуктів їх розкладу і конформаційними змінами пектинових речовин. Підтвердженням цього є розміщення екстремальних точок в'язкості. Екстремальні точки в'язкості переддефекованого соку, отриманого із свіжого буряку, лежать в зоні рН 8,0; 9,0; 11,0 та рН 8,0; 9,0 і 10,5. Як і для розчинів альбуміну, перша зона мінімальної в'язкості відповідає величині рН 8,0, друга зона – рН 9,0 і третя – рН 10,5.

Екстремальні точки в'язкості переддефекованого соку, отриманого із буряків тривалих термінів зберігання, відповідають зонам рН 8,5; 9,25 і 11,0. Появу екстремальної точки в'язкості при рН 8,5 можна пояснити накопиченням у клітинах буряку продуктів деструкції білків внаслідок ферментативного розщеплення високомолекулярних фракцій білків (цей мінімум в'язкості характерний для продуктів деструкції білка Glycyl-L-Leucine та Glycyl-DL-Tryptophane).

Максимальне значення в'язкості переддефекованого соку спостерігається як у зоні рН 9,5 (характерної для альбуміну), так і в зоні рН 10,0 (характерної для пектину), що можна пояснити впливом нецукрів білкового і пектинового комплексу і їх співвідношенням у дифузійному соку.

Отже, у разі прогресивного оброблення дифузійного соку на попередній дефекації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ чи NaOH спостерігається кілька характерних точок мінімальної в'язкості – при рН 8,0; 8,5; 9,0...9,25 і 11,0.

Виходячи із отриманих експериментальних даних і розглянутого вище механізму дії рН на дисоціацію макромолекул в розчині слід очікувати максимальну адсорбцію білкових речовин, продуктів деструкції білків у зонах рН 8,0; 8,5 і 9,0...9,25, а в зоні рН 9,25 також пектинових речовин на поверхні адсорбенту CaCO_3 , який повертається на попередню дефекацію (повернення адсорбенту в екстремальні зони в'язкості в більш лужне середовище менш ефективне, оскільки там процеси коагуляції та осадження РКД вже завершуються).

Дуже важливою, з погляду адсорбційних процесів на попередній дефекації, є точка в зоні рН 9,0...9,25. У цій точці збігаються екстремальні точки в'язкості для модельних розчинів альбуміну, продуктів деструкції білків – пептидів, пектинових речовин, розчинів, які містять пектинові речовини і пептиди, а також для переддефекованого соку. В діапазоні рН $9 \pm 0,5$ спостерігається також максимальне осадження кальцієвих солей органічних кислот.

Зона рН 9,0...9,25 має особливе значення для пектинових речовин. Гідроксид кальцію $\text{Ca}(\text{OH})_2$, який додається на попередню дефекацію, є для пектинових речовин деестерифікуючим і коагулюючим реагентом. Зі зменшенням ступеня

етерифікації пектину збільшується міцність його зв'язку з іонами кальцію [13], що пояснюється збільшенням заряду макромолекули, який, у свою чергу, підвищує спорідненість між карбоксильними групами та іонами кальцію.

Численні дослідження показали [15], що при прогресивному нарощуванні рН на попередній дефекації в зоні рН 9,0...9,25 – екстремальній зоні в'язкості дифузійного соку – спостерігається максимальне осадження РКД дифузійного соку. Ми прийшли до висновку, що в лужному середовищі існують дві оптимальні зони коагуляції високомолекулярних сполук: одна – при 9,0...9,25 і друга (загальновідома) – при рН 11,0...11,2. Безпосереднє визначення вмісту пектинових речовин у скоагульованих і осаджених РКД [15] показало, що коагуляція та осадження пектинових речовин як однієї із головних складових частин високомолекулярних сполук дифузійного соку зумовлює наявність оптимальної зони коагуляції РКД в лужному середовищі при рН 9,0...9,25. Враховуючи вищевикладене, слід було б очікувати суттєвого підвищення ефективності процесу попередньої дефекації при поверненні осаду CaCO_3 II сатурації чи I сатурації в зону рН 9,0...9,25. Припущення підтвердились. Як показали дослідження [14], у разі введенні 1% осаду CaCO_3 (попередньо активованого гідрооксидом кальцію) в зону мінімальної в'язкості при рН 9,0...9,25 на переддефекації спостерігаються додаткова коагуляція та адсорбція ВМС, а це призводить до суттєвих змін дисперсності осаду CaCO_3 , який утворюється під час подальшого очищення соку на I сатурації, його адсорбційної здатності. Питома поверхня сорбції осаду I сатурації збільшується на 60,6%, збільшується чистота соку II сатурації, зменшується вміст розчинних солей кальцію в соку на 23,1% і оптична густина соку на 17,0% порівняно з контрольним дослідом.

Зміна агрегативної стійкості модельних розчинів альбуміну, пектинових речовин і дифузійного соку як складної гетерогенної системи супроводжується зміною питомої електропровідності в процесі попередньої дефекації. На кривих залежності питомої електропровідності від величини рН для модельних розчинів білкових, пектинових речовин, розчинів, до складу яких входять білкові й пектинові речовини, а також переддефекованого соку спостерігаються зони, в яких питома електропровідність майже не змінюється, тобто зони стабілізації електропровідності.

Для 0,2% розчинів альбуміну ми спостерігали зону стабілізації питомої електропровідності в межах рН 8,5...9,5, при цьому значення електро-провідності становило приблизно 0,100 См/м.

Мінімальне значення питомої електропровідності переддефекованого соку, отриманого із свіжого буряку, спостерігається в деякому інтервалі рН від 8,5 до 9,5. Питома електропровідність переддефекованого соку в цьому діапазоні становила 0,173...0,175 См/м (середнє із трьох серій дослідів). При подальшому збільшенні рН переддефекованого соку до 11,0 значення питомої електропровідності збільшилось до 0,222См/м.

Для переддефекованого соку, отриманого із буряків тривалих термінів зберігання, найменша питома електропровідність спостерігається як в зоні рН 8,0 так і в зоні рН 8,5. Середнє значення рН екстремальної точки (із дев'яти дослідів) становить 8,04 (таблиця), значення питомої електро-провідності становить 0,177См/м. При подальшому підвищенні рН питома електропровідність дещо

зростає, а далі спостерігається зона стабілізації електропровідності в межах рН 8,9...9,25 (див. таблицю). Середнє значення питомої електропровідності в межах цієї зони становить 0,196См/м (рН 8,9) і 0,197См/м (рН 9,25), далі питома електропровідність збільшується при підвищенні рН до 11,0.

Висновки. На основі аналізу сучасних уявлень про агрегативну стійкість високомолекулярних сполук і проведених експериментальних досліджень встановлено, що прогресивне оброблення дифузійного соку на попередній дефекації NaOH чи Ca(OH)₂ зумовлює зміну нативної конформації біополімерів дифузійного соку. Глибокі конформаційні зміни білкових речовин зумовлені нативною структурою білка, певною послідовністю амінокислот у молекулі, просторовим розміщенням всіх поліпептидних ланцюгів, ступенем іонізації різних функціональних груп залежно від рН середовища. Завдяки високій щільності розміщення іоногенних груп (в основному карбоксильних) макромолекули пектинових речовин змінюють свою конформацію залежно від вмісту іонізованих карбоксильних груп (COO⁻), величини заряду макромолекули. Виявлено декілька точок мінімальної в'язкості при рН 8,0; 8,5; 9,0...9,25 і 11,0 в процесі прогресивного оброблення дифузійного соку на попередній дефекації.

Висловлено пропозицію про доцільність введення активованого осаду Ca(CO)₃, який повертається на попередню дефекацію в зону рН 9,0...9,25, де співпадають екстремальні точки в'язкості для модельних розчинів альбуміну, продуктів деструкції білків і пектинових речовин, що забезпечує додаткову коагуляцію та адсорбцію РКД, значне підвищення ефективності проведення процесу очищення дифузійного соку і зменшення витрат вапняного молока.

Таблиця

Зміна питомої електропровідності в процесі проведення попередньої дефекації (дифузійний сік підлужували NaOH)

№ дос-ліду	рН Мінімальна питома електро- провідність, См/м	Діапазон рН з постійною питомою електропровідністю, См/м		
1	рН 8,0 0,207	рН 8,8 0,240	рН 9,23 0,240	
2	рН 8,0 0,136	рН 9,0 0,162	рН 9,6 0,162	
3	рН 7,9 0,170	рН 8,5 0,182	рН 8,9 0,184	
4	рН 8,0 0,142	рН 8,9 0,173	рН 9,0 0,170	
5	рН 8,4 0,167	рН 8,8 0,185	рН 9,2 0,185	
6	рН 7,8 0,143	рН 8,7 0,150	рН 9,0 0,150	рН 9,2 0,150
7	рН 7,9 0,219	рН 9,0 0,231	рН 9,2 0,227	рН 9,4 0,233
8	рН 7,9 0,208	рН 9,0 0,227	рН 9,25 0,231	
9	рН 8,5 0,199	рН 9,25 0,215	рН 9,5 0,215	
Сере-	рН 8,04	рН 8,9	рН 9,25	

днє	0,177	0,196	0,197
-----	-------	-------	-------

ЛІТЕРАТУРА

1. *Неппер Д.* Стабилизация коллоидных дисперсий полимерами / Пер. с англ. В.А.Привалко; Под ред. Ю.С. Липатова. – М.: Мир, 1986. – 477 с.
2. *Дерягин Б.В.* Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок. – М.: Наука, 1986. – 206 с.
3. *Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М.* Поверхностные силы. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
4. *Фридрихсберг Д.А.* Курс коллоидной химии. – Л.:Химия, 1984. – 368 с.
5. *Баран А.А.* Полимерсодержащие дисперсные системы. – К.:Наук. думка, 1986. – 203 с.
6. *Воюцкий С.С.* Растворы высокомолекулярных соединений. – М.: Гос. науч.- техн. изд-во хим. Литературы, 1960. – 32 с.
7. *Ленинджер А.* Молекулярные основы структуры и функций клетки / Пер. с англ. Под редакцией А.А. Баева и Я.М. Варшавского. – М.: Мир, 1974. – 957 с.
8. *Измайлова В.Н., Ребиндер П.А.* Структурообразование в белковых системах. – М.: Наука, 1974. – 267 с.
9. *Norde W., Lyklema Y.* The Charge Distribution in the Absorbed State // *Journal colloid. Interf. Sci.* – 1978. – Vol.66, №2, – 257–266, 285–294, 295–302.
10. *Тарасевич Ю.И., Смирнова В.А., Монахова Л.И.* Адсорбция альбумина на кремнезёме // *Коллоидный журнал.* – 1978. – V.40, №6. – С.1214 – 1216.
11. *Axelos M.A., Lefebvre Y., Thibault Y.F.* Conformation at a low methoxyl citrus pectin in aqueous solution // *Food Hydrocolloids.* – 1987. – Vol. 1. – №5-6. – P. 569 – 570.
12. *Kertesz I.I.* The pectic substances. – New York.: Interscience Publishers, 1951. – 628 p.
13. *Kohn R.* Die Bindung des Calciums an die Carboxylgruppen des Pektins // *Zucker.* – 1968, – Vol.21. – №17. – P. 468 – 475.
14. *Олянская С.П.* Очистка сока с использованием активированного осадка II сатурации // *Сахар.* – 1999. – С.12 – 16.
15. *Олянская С.П.* Коагуляция ВМС и ВКД диффузионного сока // *Сахар.* – 1999. – №2. – С.12 – 14.

// Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. Київ, УДУХТ, 2000. – № 7. – С. 53–56.