

Биополимерлік сірнелердегі коваленттік емес әрекеттесулерге лимон қышқылының әсері

Мұсабеков Қ.Б., Түсюпова Б.Б. *,
Тәжібаева С.М., Қоқанбаев Ә.Қ.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университеті, Алматы қ., Қазақстан
*E-mail: baimuratovna78@mail.ru

Лимон қышқылының желатин, қауын езбесі және қант негізінде алынған сірнелердің түзілуіне әсері зерттелді. Желатиннің қауын езбесі қатысында құрылымдануы желатиннің амин қышқылдары мен қауынның пектиндік заттарының арасындағы сутектік байланыстар арқылы жүретіндігі анықталды. Желатин және желатин – қауын жүйелерінің құрылым түзгіштігінің қанттың концентрациясына тәуелділігі көрсетілді.

Желатин-пектин композициясына қышқылды қосу ортаның рН-ы мен пектиннің ерігіштігін төмендетеді және сірненің түзілуін жылдамдатандығы анықталды. Бұл жағдай галактурон қышқылының лимон қышқылы қатысында диссоциациялану дәрежесі төмендеуімен байланысты. Лимон қышқылы әсерінің қауын езбесі қатысындағы пәрменділігі оның пектин қышқылымен өзара сутектік байланыс түзуге бейімділігіне негізделді.

Түйін сөздер: желатин; құрылымтүзу; лимон қышқылы; пектин.

Влияние лимонной кислоты на нековалентные взаимодействия в биополимерных студнях

Мұсабеков К.Б., Түсюпова Б.Б. *,
Тәжібаева С.М., Коканбаев А.К.

Казахский национальный университет
имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
*E-mail: baimuratovna78@mail.ru

Исследовано влияние лимонной кислоты на образование студней желатина, мякоти дыни и сахара. Установлено, что структурирование желатина в присутствии дынной мякоти происходит за счет водородных связей между аминокислотами желатина и пектиновыми веществами в составе дынной мякоти. Показано влияние сахара на структурирование желатина и системы желатин – дынная мякоть.

Установлено, что добавление лимонной кислоты в композицию желатин-пектин снижает рН среды, растворимость пектина и ускоряет образование студня. Это связано с тем, что в присутствии лимонной кислоты снижается степень диссоциации галактуроновой кислоты. Интенсивность влияния лимонной кислоты на структурообразование в присутствии дынной мякоти обусловлено тем, что пектин и лимонная кислота образуют между собой водородные связи.

Ключевые слова: желатин; структурообразование; лимонная кислота; пектин.

Effect of citric acid on noncovalent interactions in biopolymer jellies

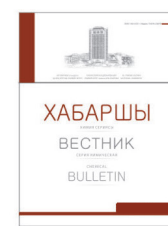
Musabekov K.B., Tussupova B.B. *,
Tazhibayeva S.M., Kokanbaev A.K.

Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan
*E-mail: baimuratovna78@mail.ru

The effect of citric acid on the formation of gels based on gelatine, melon pulp and sugar has been studied. It is found that the structuring of gelatin the presence of melon pulp is due to hydrogen bonds between the amino acids of gelatin and pectin melon by hydrogen bonds. It is shown that the structuring of gelatin and gelatin – melon pulp depends on the concentration of sugar.

The addition of acid in the pectin-gelatin composition reduces the pH, the solubility of pectin and accelerates the formation of jelly. This is due to the fact that in the presence of citric acid reduced the degree of dissociation of galacturonic acid. The intensity of the effect of citric acid on the structure in the presence of melon pulp could be explained by the formation of hydrogen bonds between pectin and citric acid.

Keywords: gelatin; structural formation; lemon acid; pectin.



Биополимерлік сірнелердегі коваленттік емес әрекеттесулерге лимон қышқылының әсері

Мұсабеков Қ.Б., Тюсюпова Б.Б.*, Тәжібаева С.М., Қоқанбаев Ә.Қ.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*E-mail: baimuratovna78@mail.ru

1. Кіріспе

Соңғы жылдары дұрыс тамақтану мәселеріне көп көңіл бөлінуде. Адам ағзасының қорғану функцияларын күшейту және залалды заттар қатерінің әсерін төмендету мақсатында белгіленген функцияларға ие тамақ өнімдерін жетілдіруде. Тамақ құндылығымен ғана емес, сонымен қатар құрылымдануға қабілеттілігімен ерекшеленетін пектинқұрамды шикізат негізінде жеңіл сіңірілетін тамақ өнімдерін алу аса өзекті болып келеді. Сірнелік кондитерлік тағамдар, өз кезегінде, құрамының күрделілігімен ерекшеленеді. Олардың органолептикалық қасиеттерін жақсартатын, ортаның рН-ын тұрақтандырып, ұзақ уақыт сақталуына және міндетті түрде берік құрылым түзуіне себеп болатын хош иісті қоспалар әлсіз қышқылдар [1-4]. Әдебиеттерде қышқылдардың тағам өндірісінде қолдануы қарастырылғанымен, олардың басқа компоненттермен әрекеттесу механизмі зерттелмеген. Сол себепті бұл компоненттің сірнелік заттардың физика-химиялық қасиеттеріне әсерін алдын ала болжау және реттеу үшін оның күрделі жүйелердегі ерекшеліктерін зерттеу қажет. Осыған орай жұмыс мақсаты желатин–қауын–қант негізінде алынған сірнеге лимон қышқылының әсерін анықтау.

2. Тәжірибелік бөлім

Жұмыста құрылымтүзгіш полимер ретінде тағамдық желатин, ал пектиндік заттар көзі ретінде «Қырықпа» қауынының езбесі қолданылды. Алынған тағамдық жүйелердің дәмдік қасиеттері лимон қышқылы және қант қоспаларымен реттелді [5,6].

Құрылымданған жүйелердің беріктігі Вейлер-Рембиндер құрылғысында өлшенді [5,6]. Тағамдық сірне

компоненттерінің өзара әрекеттесуі потенциометрия, балқу температурасын анықтау әдістерімен зерттелді.

3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Лимон қышқылының желатин, қауын, қант сірнелерінің беріктігіне әсерін зерттеу үшін осы компоненттердің әр түрлі композициясының құрылымдануына лимон қышқылы концентрациясының әсерін қарастырдық (1 сурет). Желатин–қауын және желатин–қауын–қант жүйелерінде лимон қышқылының мөлшері өскен сайын беріктік (Р) мәні де жоғарылап отыр. Ал желатиннің өзінің және желатин/қант жүйесінің беріктігі лимон қышқылын қосқанда төмендейді. Ең жоғары беріктік мәні желатин–қауын–қант–лимон қышқылы сірнелерінде байқалады. Бұл құбылысты түсіндіру үшін осы компоненттердің бір-бірімен әрекеттесуін жеке қарастырайық.

Желатиннің өзінің су ортасында құрылымданатынына келетін болсақ, ол – коллагеннен алынатын табиғи полимер. Полимердің ұзын аминқышқылдық тізбектері өзара пептидтік байланыспен қосылысқан, ал полярлық амин және карбоксил топтарының арасында электростатикалық тартылыс күштері, сутектік байланыс және полярлық емес көмірсутек радикалының гидрофобтық әрекеттесулері жүйенің құрылымдануына жақсы жағдай жасайды. Бұл жүйеге қауын езбесін енгізу сірненің құрылымдану дәрежесін төмендетеді. Жеміс-жидек жасушаларының құрылымдануына себеп болатын пектиндер [5-7]. Желатин–пектин композициясына қышқылды қосу ортаның рН-ы мен пектиннің ерігіштігін төмендетеді және сірненің түзілуін жылдамдатады. Бұл жағдай галактурон қышқылының лимон қышқылы қатысында диссоциациялану дәрежесі төмендеуімен байланысты.

Лимон қышқылы қатысында пектин-қанттың сулы ерітінділері тез құрылымданып, берік сірне түзеді. Ал қышқылсыз бұл жүйе құрылымданбайды. Лимон қышқылы пектин ерітіндісінің рН-ын төмендетіп ғана қоймай, пектиндегі тұздың металл иондарын ығыстырып шығарады.

Карбоксильді топтар металл иондарынан біртіндеп босағаннан кейін, әлсіз пектинді қышқылдар өзара молекулалық сутектік байланыстар түзеді. Бұл пектинді ерітіндінің сірне түзуші қабілетін жоғарылатады.

Пектин қышқылындағы қышқыл қалдығының диссоциацияланған карбоксиль топтарының көбеюі өнім сапасын төмендетеді.

Суда ерітілген пектин макромолекуласы теріс зарядталған. Пектинді заттың иондарының арасында өзара электростатикалық тартылыс күштері туады.

Пектин макромолекуласына қышқылды қосу оның диссоциациялануын төмендететін болса, ал қантты енгізу оны су қабаттарынан айырады. Нәтижесінде макромолекулалардың өзара әрекеттесуінен құрылымдық қаңқа түзіледі. Құрылымдық қаңқа ішінде қант және қышқыл ерітінділері болады. Сонымен лимон қышқылының желатин сірнелеріне әсері тек қауын қатысында оңтайлы болып отыр. Ал таза желатинге пектиндік заттардың да, лимон қышқылының да әсері оның амин және карбоксил топтарының өзара электростатикалық тартылуына бөгет жасауына негізделеді, яғни жүйеде конкуренттік әрекеттесулер орын алады.

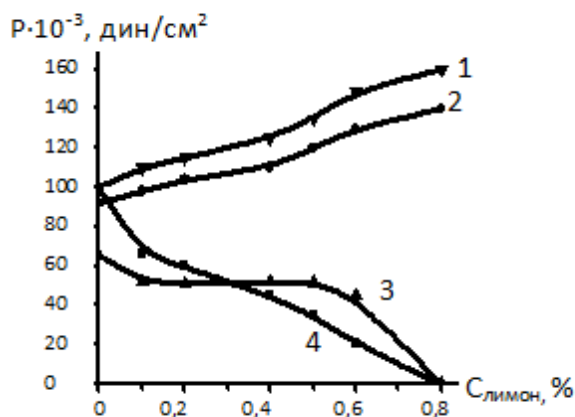
1-ші суреттен 10% желатин – қауын – 30% қант жүйесі үшін лимон қышқылының оптималды концентрациясын 0,5% деп анықтадық. 0,5%-да беріктік мәні (P_r) $115 \cdot 10^3$ дин/см²-қа тең болды. Лимон қышқылының концентрациясын анықтағаннан кейін, осы жағдайда алынған сірнелерге

қант концентрациялары қалай әсер ететіндігін анықтадық (2 сурет). Бұл суреттен 10% желатин – қауын – 0,5%-ды лимон қышқылының қатысында 30%-ды қантта беріктік мәні (P_r) $110 \cdot 10^3$ дин/см²-қа тең болатыны көрініп тұр. Осылай 25-ші, 26-ші суреттерден қант пен лимон қышқылының сірне алуға оптималды концентрацияларын анықтап алдық. Бұл концентрацияларда гельдердің органолеп-тикалық қасиеттері (дәмі, иісі, түсі) әдебиеттердегі талап-тарға сай келеді [9-11]. Ал бұдан жоғары концентрацияларда беріктік мәні шексіздікке ұмтылды.

Сірне түзудегі электростатикалық, гидрофобтық әрекеттесулер және сутектік байланыстар үлесін шамалау үшін құрылымдану процесін NaCl және мочевина қатысында өткіздік. 3-ші суреттен NaCl концентрациясы өскен сайын желатиннің беріктігінің төмендеп, 0,8 М концентрацияда құрылым түзілмейтіні көрініп тұр. Бұл жағдай тұздың Na⁺ және Cl⁻ иондары биополимердің оң және теріс зарядты топтарының айналасында иондық атмосфера түзіп, олардың өзара тартылуына бөгет жасауымен байланысты. Құрылымдану дәрежесінің төмендеуі сірненің балқу температурасының өзгеруімен жақсы үйлеседі (3 сурет).

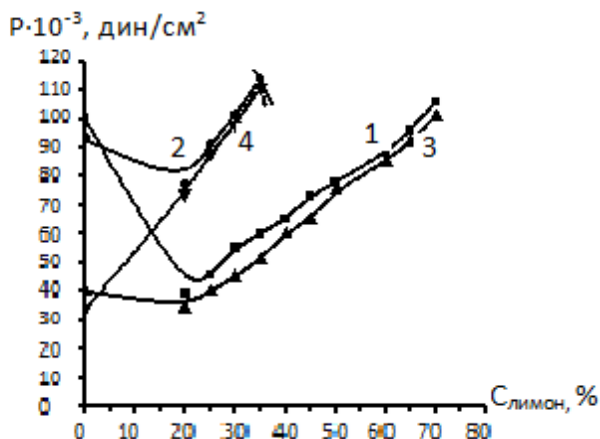
Сірнелердің құрылымдануындағы компоненттердің өзара әрекеттесуінің пәрменділігі туралы мәліметті олардың балқу температурасын өлшеу арқылы алуға болады. Осыған орай әр түрлі жағдайларда олардың балқу температуралары анықталды.

Ал желатин-қауын сірнесінің беріктігі мен балқу температурасына NaCl-дың әсері айтарлықтай емес (4 сурет). Электролиттің жүйенің құрылымдануына әсерінің бәсеңдеуі, ең алдымен, әрине, бұл қоспадағы электростатикалық әрекеттесулердің желатинге қарағанда аздығымен байланысты.



1 – 10% желатин – су; 2 – 10% желатин – қауын;
3 – 10% желатин – су – 30% қант;
4 – 10% желатин – қауын – 30% қант

1-сурет – Сірненің беріктігінің лимон қышқылының концентрациясына тәуелділігі



1 – 10% желатин – су; 2 – 10% желатин – қауын;
3 – 10% желатин – су – 0,5% лимон қышқылы;
4 – 10% желатин – қауын – 0,5% лимон қышқылы

2-сурет – Сірне беріктігінің қант концентрациясына тәуелділігі

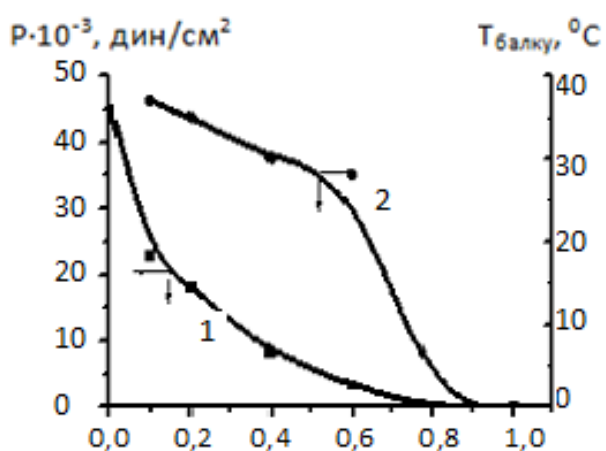
Амфолиттік полимердің құрылым түзетін жүйелеріндегі әрекеттесулерді анықтаудың тағы бір тәсілі – ортаның рН-ын өзгерту болып табылады. 5,6-ші суреттерде желатин – қауын езбесі – қант – лимон қышқылы және желатин – су – қант – лимон қышқылы қоспаларының құрылымдану дәрежесіне ортаның рН-ның әсері көрсетілген.

Биополимердің күрделі сірнелерінің екі жағдайда да беріктігі мен балқу температурасының рН тәуелділігі кәдімгі амфолиттерге тән пішінге иеленеді. Бірақ желатиннің қауын езбесі қатысында алынған сірнелері оны сумен алмастыру жағдайында алынған сірнелеріне қарағанда берік екені олардың беріктігі (Р) мен балқу температураларының мәндерінің жоғарылығынан

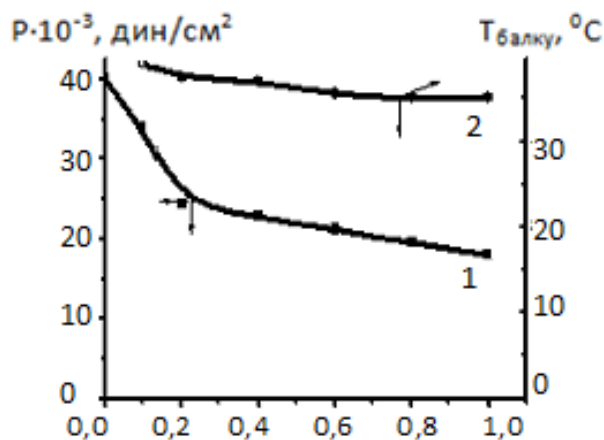
байқалып тұр. Сонымен желатин негізінде алынатын күрделі сірнелерде электростатикалық әрекеттесулер сақталғанымен, олардың үлесі азаятыны байқалып тұр.

Қант пен лимон қышқылының желатиннің құрылымдануына әсерін қарастыратын болсақ, қанттың көмірсу ретінде сутектік байланыс түзуге бейімділігін, ал лимон қышқылының қасиеттерінің құрамындағы СООН-топтарына тәуелді болатынын алдын ала болжауға болады. Шынында да желатин – қант – су жүйесінің бастапқы беріктік (Р) мәні таза желатиндікінен де, желатин – қауын немесе желатин – қауын – қант жүйелерінен де төмен.

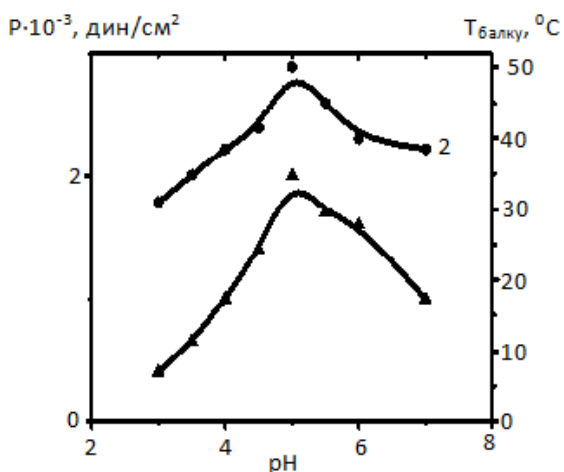
Бұл фактінің өзі қанттың сутектік байланыс түзгенімен, құрылымдануға әсерінің ерекше екенін көрсетеді.



3-сурет – Желатин сірнесінің беріктігі (1) мен балқу температурасының (2) NaCl ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі. $C_{желатин} = 10\%$

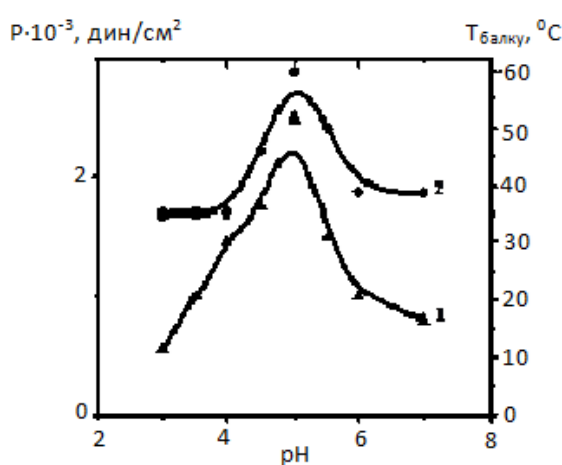


4-сурет – Желатин – қауын сірнесінің беріктігі (1) мен балқу температурасының (2) NaCl ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі. $C_{желатин} = 10\%$



Тәуелділігі Сірненің құрамы:
10% желатин – қауын – 30% қант – 0,5% лимон қышқылы

5-сурет – Сірненің беріктігі (1) мен балқу температурасының (2) рН – қа



Сірненің құрамы:
10% желатин – су – 30% қант – 0,5% лимон қышқылы

6-сурет – Сірненің беріктігі (1) мен балқу температурасының (2) рН – қа тәуелділігі

Ол ерекшелік, өз кезегінде, қанттың басқа еріген заттардың еріткішпен әрекеттесу үшін конкуреттілігімен байланысты, яғни ол сумен өзі әрекеттесіп, желатинге сутектік байланыс түзуге мүмкіндік қалдырмай отыр (1 сурет, 3 қисық).

Лимон қышқылының жүйенің беріктігін төмендетуін, біріншіден, оның қышқылдығымен байланыстыруға болады. Яғни ортада H^+ -иондарының көбеюі ортаның иондық күшін көбейтіп, электростатикалық әрекеттесулерді азайтуы мүмкін. Екіншіден, күрделі полимерлік комплекстер бетінде лимон қышқылының сутектік немесе гидрофобтық әрекеттесулер арқылы адсорбциясы олардың бетінде диссоцияланған карбоксил топтарын көбейтіп, гидрофильділігін күшейтіп, бөлек фазаға шығу мүмкіндігін азайтады, яғни құрылым түзуді төмендетеді.

Сонымен, желатин-қауын еzbесі-қант жүйесінде құрылым түзілуіне лимон қышқылының әсері оның осы жүйенің компоненттерінің молекулаларымен коваленттік емес байланыстар түзуіне негізделеді. Әр байланыс үлесін реттеу мүмкіндігін жүйенің барлық компоненттерінің бұл байланыстарға қатысып, ортаға енгізілген өзгерістерге сезімталдығын ескере ғана іске асыруға болады.

Жалпы жағдайда желатин мен желатин-қант жүйесіне лимон қышқылын енгізу сірнелердің беріктігін едәуір төмендетеді, ал желатин-қауын және желатин-қауын-қант жүйелерінде бұл заттың қатысында құрылымдану дәрежесі өсетіндігі анықталды. Яғни пектиндік заттардың жүйенің басқа компоненттеріне қарағанда лимон қышқылымен әрекеттесуге қабілеттігі жоғары.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Pereira P.A.P., de Souza V.R., Teixeira T.R., Queiroz F., Borges S.V., de Deus Souza Carneiro J. Rheological behavior of functional sugar-free guava preserves: Effect of the addition of salts // *Food Hydrocolloids*. – 2013. – Vol.31, Is.2. – P.404-412.
- 2 Santanu Basu, Shivhare U.S., Singh T.V., Beniwal V.S. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam // *Journal of Food Engineering*. – 2011. – Vol.105, Is.3. – P.503-512.
- 3 Delgado P., Bañón S. Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties // *CyTA – Journal of Food*. – 2015. – Vol.13, Is.3. – P.329-335.
- 4 Сургутский В.П. Химия пищевых продуктов. – Красноярск: ГУП Гротекс. – 2005. – 320с.
- 5 Нечаев А.П., Траунберг С.Е., Кочетков А.А. Пищевая химия / Под редакцией А.П. Нечаева. – СПб.: ПИОРД, 2003. – 640с.
- 6 Овсянникова Е.В. Применение желатина в кондитерской промышленности // *Кондитерское производство*. – 2006. – №5. – С.14-16.
- 7 Адмаева А.М., Медведков Е.Б., Байболова Л.К. Разработка технологии производства соков на основе дыни // *Universum: Технические науки*. – 2014. – №12(13). – С.1-10.

References

- 1 Pereira PAP, de Souza VR, Teixeira TR, Queiroz F, Borges SV, de Deus Souza Carneiro J (2013) *Food Hydrocolloid* 31:404-412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.014>
- 2 Santanu Basu, Shivhare US, Singh TV, Beniwal VS (2011) *J Food Eng* 105:503-512. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.014>
- 3 Delgado P, Bañón S (2015) *CyTA – Journal of Food* 13:329-335. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.974676>
- 4 Surgutsky VP (2005) *Chemistry of Food Products [Khimiya pischevyh productov]*. SUE Grotex, Krasnoyarsk, Russia. (In Russian). ISBN 5-86426-093-2
- 5 Nechaev AP, Traunberg SE, Kochetkov AA, ed. by Nechayev AP (2003) *Food Chemistry [Pishevaya himiya]*. Piord, Saint-Petersburg, Russia. 640 pp. (In Russian). ISBN 5-901065-38-0
- 6 Ovsyannikov EV (2006) *Confectionery [Konditerskoe proizvodstvo]* 5:14-16. (In Russian)
- 7 Admaeva AM, Medvedkov EB, Baibolova LK (2014) *Universum: Engineering [Universum: Tehnicheskie nauki]* 12:1-10. (In Russian)