

ӘӨЖ 541.64

А.В. Халиева, А.Н. Жумабаева, Б.Б. Тюсюпова, А.А. Нургужина,  
Ж. Қаирбекова, С.М. Тәжібаева\*, Қ.Б. Мұсабеков  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.  
\*E-mail: tazhibayeva\_s@mail.ru

### Қауын езбесінің желатин сірнелерінің беріктігіне әсері

Вейлер-Рейбиндер беріктік анықтау және ИК-спектроскопия әдістерімен желатиннің қауын езбесі қатысында құрылымдануы желатиннің аминқышқылдары мен қауынның пектиндік заттарының арасындағы сутектік байланыстар арқылы жүретіндігі анықталды. Желатин және желатин-қауын жүйелерінің құрылым түзгіштігінің қанттың концентрациясына тәуелділігі көрсетілді. Қант концентрациясы 20 %-дан кем жағдайда желатин сірнелерінің беріктік мәндері күрт төмендейді, ал  $C > 20\%$  аймағында екі жүйенің де құрылымданғыштығы өседі. Қанттың жоғары концентрацияда құрылымдандырығыштығы оның дегидраттандырығыш әсерімен байланысты. Лимон қышқылының желатин, қауын езбесі және қант негізінде алынған сірнелердің түзілуіне әсері зерттелді. Лимон қышқылы әсерінің қауын қатысындағы пәрменділігі оның пектин қышқылымен өзара сутектік байланыс түзуге бейімділігіне негізделеді.

**Түйін сөздер:** желатин, қауын езбесі, құрылымтүзу, беріктік.

A.V. Haliyeva, A.N. Zhumabayeva, B.B. Tussupova, A.A. Nurguzhina, Zh. Kairbekova,  
S.M. Tazhibayeva, K.B. Musabekov

### Influence of melon pulp on gelatin jells strength

The data obtained by Veiler-Rehbinder method and IR spectroscopy method showed that the structuring of gelatine in the presence of a melon pulp occurs as a result of formation of hydrogen bonds between amino acids of gelatin and pectinous bonds of a melon. The structure formation in the gelatin and gelatin - melon pulp system dependences on the sugar concentration. The critical decrease of strength are found out at sugar content less 20 % and increase the strength of both systems at  $C > 20\%$ . The growth of structure formation in the system at high concentrations of sugar is connected with it's dehydration. Influence of a citric acid on formation of jellies obtained from melon pulp and sugar is studied. Structuring effect of citric acid proceeds due to hydrogen bonds formation with pectin acid.

**Key words:** gelatine, melon pulp, structure formation, strength.

А.В. Халиева, А.Н. Жумабаева, Б.Б. Тюсюпова, А.А. Нургужина,  
Ж. Қаирбекова, С.М. Тажибаева, К.Б. Мусабеков

### Влияние дынной мякоти на прочность гелей желатина

Методами определения прочности Вейлера-Рейбиндера и ИК-спектроскопии установлено, что структурирование желатина в присутствии дынной мякоти происходит в результате образования водородных связей между аминокислотами желатина и пектиновыми соединениями дыни. Показана зависимость структурообразования в системе желатин и желатин-дынная мякоть от концентрации сахара. Обнаружен факт резкого уменьшения прочности при содержании сахара меньше 20 % и увеличения прочности обеих систем в области  $C > 20\%$ . Рост структурообразования в системе при высоких концентрациях сахара связан с его дегидратирующим действием. Изучено влияние лимонной кислоты на образование студней на основе дынной мякоти и сахара. Структурирующее действие лимонной кислоты обосновано возможностью образования водородных связей с пектиновой кислотой.

**Ключевые слова:** желатин, дынная мякоть, структурообразование, прочность.

### Кіріспе

Қазіргі заманда қоршаған ортаның адам ағзасына келтіретін зиянды әсерлеріне байла-

нысты денсаулық сақтауға бағытталған арнайы тағам өнімдерін дайындау аса маңызды мәселелердің бірі болып отыр. Әсіресе, кондитер саласында шығарылатын сірнелік массалар

негізінде алынатын тағамдар өте пайдалы. Сірне түзетін заттар ретінде көп жағдайда желатин, крахмал, агар-агар сияқты биополимерлер қолданылады [1, 2]. Бірақ таза полимерден алынатын сірнелердің серпімді-созылмалы қасиеті өте жоғары болғандықтан, олардың технологиясына реологиялық қасиеттерін реттейтін процестер енгізілу керек.

Сонымен бірге халықаралық нарықтық бәсекелестікке қабілетті тағамдық заттар дайындауда эстетикалық, дәмдік жағынан да қойылатын талаптар өте қатал. Осындай физика-химиялық, биологиялық, энергетикалық, көркемдік және т.б. параметрлермен стандартталған сірнелік тағамдар алу үшін күрделі биополимерлік жүйелердің құрылым түзу заңдылықтарын, олардың компоненттерінің өзара әрекеттесу механизмін анықтау қажет. Осыған орай жұмыс мақсаты – желатиннің қауын езбесі қатысында құрылым түзу ерекшеліктерін анықтау.

### 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 [3].

Қауын езбесінің химиялық құрамы мен энергетикалық құндылығы Қазақ Тағам Академиясының «Эксперт-Тест» ЖШС-ында анықталды. Құрылымданған жүйелердің беріктігі Вейлер-Рибиндер құрылғысында өлшенді [4]. Тағамдық гель компоненттерінің өзара әрекеттесуі ИҚ-спектроскопия әдісімен зерттелді.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

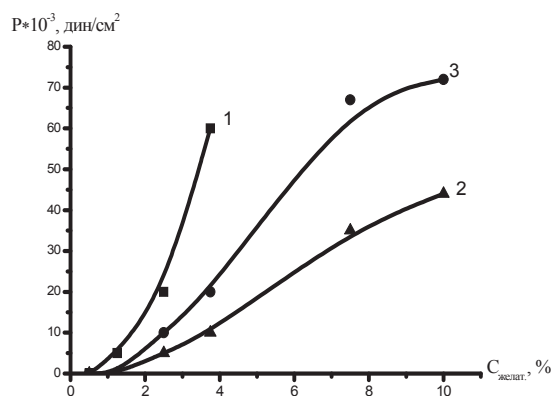
Зерттеу барысында сірнелерге дәмдік қасиеттер беру үшін қауын мен қант қолданылды. Желатин мен қауын езбесінің құрылымдану дәрежесін салыстыру желатиннің 24 сағаттан кейінгі беріктігі  $(5-10) \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup> гельдер түзетіндігін, ал қауын езбесінің бұл жағдайда мүлдем құрылымданбайтынын көрсетті (1-, 2-сурет). Қауын қатысында желатиннің құрылымдану дәрежесі төмендеп, критикалық құрылымтүзу концентрациясы 2%-ға дейін жоғарылады (1-сурет).

Желатиннің құрылым түзу механизмі [5, 6]

әдебиеттерде қарастырылған. Ал жеміс-жидектердің құрылымдануын қамтамасыз ететін заттар болып пектиндер есептеледі [7]. Пектиндер – кейбір карбоксил топтары метанолмен алмастырылған галактурон қышқылының сызықты полимерлері.

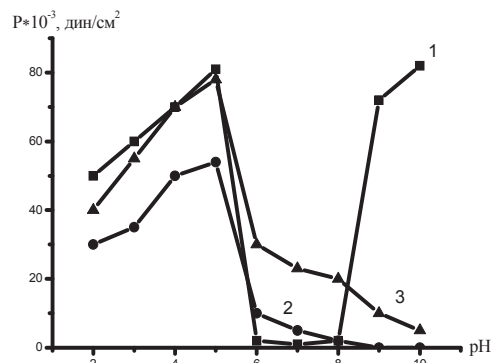
Олай болса, қауынның құрылым түзгіштігін осы полимерлердің функционалдық топтарының сутектік байланыстар түзуге қабілеттілігімен негіздеуге болады. Ал қауынның тәжірибе жағдайында құрылым түзбеуін ондағы судың үлесінің басымдылығымен түсіндіруге болады (1-кесте). Сонымен бірге, әрине, пектиннің карбоксил топтарының желатиннің амин топтарымен электростатикалық әрекеттесу мүмкіндігін және полярсыз учаскелердің арасында пайда болатын гидрофобтық әрекеттесулерді де есепке алу керек.

Желатин мен қауын езбесінің өзара әрекеттесуі туралы мәліметтерді ИҚ-спектроскопиялық зерттеулер нәтижесінен алуға болады (2-кесте). Желатин, қауын езбесі және олардың сірнелерінің спектрлерінде 3420 см<sup>-1</sup>, 3406 см<sup>-1</sup> және 3431 см<sup>-1</sup> аймақтарында N-H байланысының валенттік тербелісіне сәйкес жұтылу жолақтары байқалды. Желатиннің ИҚ-спектрінде 1644 см<sup>-1</sup> аймақта жіңішке, бірақ интенсивтілігі жоғары жұтылу жолағы анықталды. Ол C=O байланысының валенттік тербелісіне, сонымен қатар NH-тобының деформациялық тербелісіне сәйкес келуі мүмкін. Қауын езбесінде бұл жолақ 1624,5 см<sup>-1</sup> аймағына ығысқан. Бірақ жолақтың интенсивтілігі желатиннің осындай жолағына қарағанда төмен. Бұл жағдай пектиннің C=O топтарының сутектік байланыстар түзілуіне қатысуының айғағы болуы мүмкін. Олай болса, қауын құрамына кіретін полиқышқылдар ассоцирленген. Желатин-қауын қоспасының спектрінде бұл жолақтар 1635 см<sup>-1</sup> аймақта байқалды. Қауын езбесі мен желатиннің спектрлерінде C=O тобын беретін жолақтардың ығысуы қауын езбесіндегі галактурон қышқылының молекуласының желатиннің карбоксил топтарымен сутектік байланыс түзуге қатысатындығын дәлелдейді. Желатиннің ИҚ-спектрінде 1538 см<sup>-1</sup> аймақтағы COO<sup>-</sup> топтарының валенттік тербелісіне сәйкес келетін жұтылу жолағының желатин-қауын жүйесіндегі байқалмауы да осыны растайды. Сонымен бірге барлық спектрлерде C-H, C-N топтарға сәйкес жолақтар анықталынып, олардың құрылымдану нәтижесінде ығысуы байқалып отыр.



$C_{\text{желатин}} = 10\%$ ;  $C_{\text{қант}} = 30\%$   
 1 – желатин-су; 2 – желатин-қауын;  
 3 – желатин-қауын-қант

**1-сурет** – Сірне беріктігінің желатин концентрациясына тәуелділігі



$C_{\text{желатин}} = 10\%$ ;  $C_{\text{қант}} = 30\%$   
 1 – желатин; 2 – желатин-қауын;  
 3 – желатин-қауын-қант

**2-сурет** – Сірненің беріктігінің ортаның pH-на тәуелділігі

**1-кесте** – «Қырықпа» қауынының химиялық құрамы

Химиялық құрамы	%
Су	82,6
Күл	0,43
Майлар	0,13
Көмірсулар	16,48
Белоктар	0,42
Энергетикалық құндылығы, ккал/100г	68,0
Витаминдер	мг
$\beta$ -каротин	0,17
Е	0,06
РР	0,23
В	14,50

**2-кесте** – Желатин-қауын еzbесі сірнелерінің инфрақызыл спектрлерінің негізгі тербелу жиіліктері

Функционалдық топтар тербелу жиіліктері, $\text{см}^{-1}$	желатин	қауын ezbесі	желатин - қауын ezbесі
$\nu$ (N-H)	3420	3406	3431
$\nu$ (C-H)	3090 2929	2931	2932
$\nu$ (C=O) ( $\delta$ (NH <sub>2</sub> ) – болуы мүмкін)	1644	1625	1636
$\nu$ (COO <sup>-</sup> )	1538	—	—
$\nu^{\text{as}}$ (CH <sub>2</sub> )	1449	1417	—
$\nu^{\text{s}}$ (CH <sub>2</sub> )	1333	—	1384
$\nu^{\text{as}}$ (C-N) ( $\nu^{\text{s}}$ (C-O) болуы мүмкін)	1238	1259	1278
$\nu^{\text{s}}$ (C-N)	1162 1082	1135 1054	1121 1053
$\delta$ (COO <sup>-</sup> )	648 568	590	648 544

Желатин-қауын езбесі жүйесіне қантты енгізу сірнелердің беріктігін едәуір жоғарылатады, бірақ Р мәндері желатин сірнелерінің беріктігінен аспайды. Қанттың сірнелерге тигізетін оң әсерін оның дегидраттандырығыштығымен байланыстыруға болады. Яғни қант қатысында еріткіштің жалпы мөлшерінің азаюы құрылымданатын компоненттердің концентрациясын көбейтіп, беріктіктің өсуіне апарады. Бұл жүйедегі әрекеттесулер туралы мәлімет алу үшін ортаның рН-ның әр түрлі жағдайында беріктік анықталды (2-сурет).

Желатин де, оның қауынмен және қантпен түзген сірнелері де изоэлектрлік нүктеде максимальды беріктікке иеленді, ал қышқыл және сілтілік орталарда Р мәні төмендейді.  $pH > 8$  аймағында таза желатиннің беріктігі күрт өсетіндігі байқалды, ал қауын қатысында алынған сірнелердің беріктігі бұл жағдайда төмендей береді. Ерітіндіде  $OH^-$  - иондардың концентрациясының өсуі ортаның иондық күшін арттырып, еріген полимердің еріткіштен ығысуына апарады. Нәтижесінде түзілген желатиннің агрегаттары жаңа фазаның бастамасы болып, жүйенің құрылымдану дәрежесін өсіреді. Ал қауын мен қант қатысында алынған сірнелерінде бұл құбылыстың байқалмауы ондағы судың үлесінің салдары. Екіншіден, қант пен пектин сияқты көмірсулар ортадағы  $OH^-$  - иондармен Н-байланыс түзуге бейім, яғни бұл жүйелерде құрылымданудағы коагуляциялық үрдістердің үлесі азайып, тегіс кеңістік құрылым түзілу үрдісі басым болады, сол себепті олардың құрылымдану дәрежесі күшті сілтілік ортада

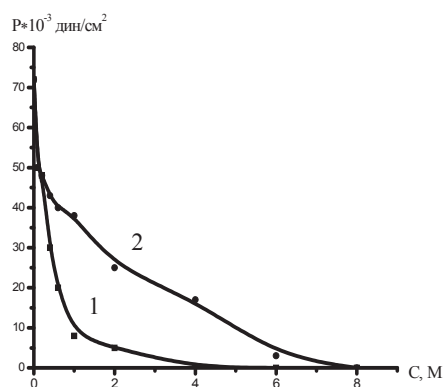
төмен. Қалай болса да, сірне құрамына қантты енгізу рН – тың барлық мәндерінде (2-10) тиімді болып отыр. 2-суреттегі 2,3 қисықтары салыстыру жүйеге 30 % қантты енгізу беріктікті 20-30 дин/см<sup>2</sup> – қа жоғарылататындығын көрсетіп отыр. Сірнелік кондитерлік тағамдарда қанттың үлесі 70 % дейін баратынын есепке алсақ, Р ұтымы еселене түсетіні сөзсіз. Бірақ қауынның құрамында да қант болғандықтан, бұл зерттеулерде қанттың үлесі 30 % - дан аспайды. Нәтижесінде алынатын қауын езбесінің сірнелері (20-80)·10<sup>3</sup> дин/см<sup>2</sup> беріктікті қамтамасыз етіп отыр (2-сурет, 3-кесте). Әдебиеттегі мәліметтерге сәйкес кондитерлік сірнелер беріктігі 30-60 дин/см<sup>2</sup> [6].

Құрылым түзудегі электростатикалық әрекеттесулер мен сутектік байланыстардың ара қатынастық үлесі мочеина және NaCl ерітінділеріндегі құрылым түзу қисықтары бойынша анықталды. 3-ші суретте көрсетілгендей, концентрациясы 1 М NaCl ерітіндісі қатысында қоспаның беріктік мәні 50·10<sup>3</sup> дин/см<sup>2</sup> – тан 39·10<sup>3</sup> дин/см<sup>2</sup> – қа дейін төмендейді. Тура осындай концентрациялы мочеина қатысында қоспаның беріктік мәні 10·10<sup>3</sup> дин/см<sup>2</sup> тең, ал мочеинаның концентрациясын 4 М дейін арттырғанда құрылым мүлде жоғалады.

Сірне компоненттерінің сутектік байланыстар мен электростатикалық әрекеттесулер түзуге бейімділігі олардың жоғары гидраттанғыш қабілетке ие екендігін көрсетеді. Сондықтан желатин-қауын құрылымының ісінуі желатиннің әртүрлі мөлшерінде қарастырылды (4-сурет).

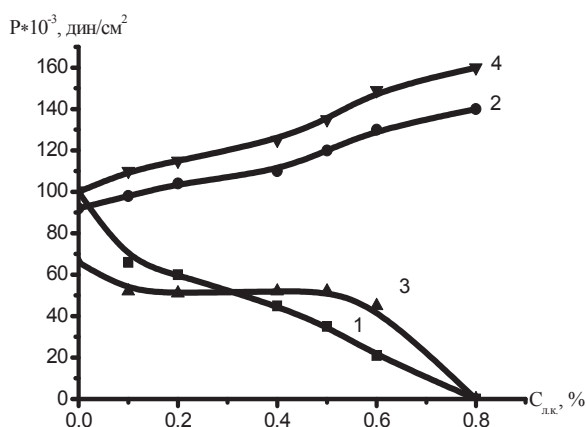
**3 кесте** – Желатин-қауын езбесі сірнелері беріктігінің ( $P \cdot 10^3$  дин/см<sup>2</sup>) уақытқа тәуелділігі

Уақыт, сағат	желатин-су	желатин-қауын	желатин-су-қант	желатин-қауын-қант	желатин-су-қант-лимон қышқылы	желатин-қауын-қант-лимон қышқылы
3	32,7	29,9	29,6	34,2	5,1	18,0
6	57,2	54,0	45,1	58,5	17,0	39,1
9	82,0	76,1	52,2	86,1	28,2	62,4
12	>100	89	65,0	>100	39,3	98,3
15	>100	>100	79,3	>100	46,5	100
18	>100	>100	83,4	>100	54,1	120
20	>100	>100	>100	>100	59,6	>100
24	>100	>100	>100	>100	62,1	>100
34	>100	>100	>100	>100	>100	>100



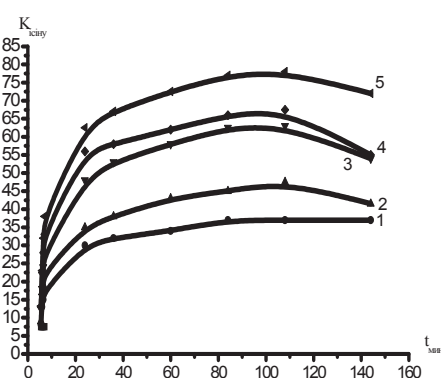
$C_{\text{желатин}}=10\%; C_{\text{қант}}=30\%$   
1 – мочеви́на; 2 – NaCl

**3-сурет** – Желатин-қауын-қант жүйесінің беріктігінің мочеви́на мен NaCl ерітінділерінің концентрацияларына тәуелділігі



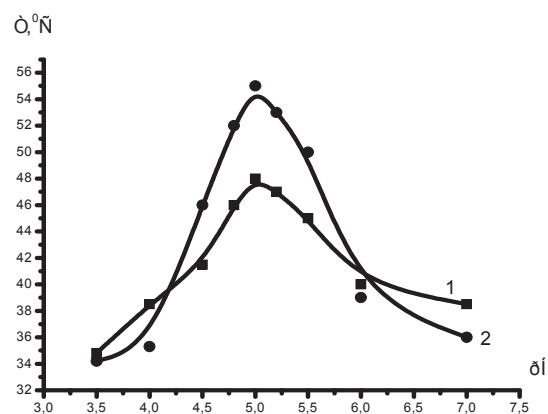
1 – 10 % желатин-су; 2 – 10 % желатин-қауын;  
3 – 10 % желатин-су- 30 % қант;  
4 – 10 % желатин-қауын-30 % қант

**5-сурет** – Сірненің беріктігінің лимон қышқылының концентрациясына тәуелділігі



$t=20^{\circ}\text{C}$   
 $C_{\text{желатин}} = 1 - 4,8\%; 2 - 7,0\%; 3 - 9,1\%;$   
 $4 - 11,1\%; 5 - 13,0\%$

**4-сурет** – Желатин-қауын сірнесінің ісіну кинетикасы



1- 10 % желатин-су-30 % қант-0,5 % лимон қышқылы;  
2 - 10 % желатин-қауын-30 % қант - 0,5 % лимон қышқылы

**6-сурет** – Сірненің балқу температурасының рН-қа тәуелділігі

Ісіну коэффициентінің уақыт бойынша өзгеру қисықтарында 2 иілім байқалды. Бірінші иілімді гелдің сумен қанығуымен, ал екінші иілімді судың ұзақ уақыт ( $t > 100$  мин.) әсер ету салдарынан құрылымның бұзылуымен түсіндіруге болады. Гельдердің дегидраттану қисықтарында бір ғана иілім табылды. Оны желатин мен пектинді гидраттауға қатыспайтын «бос» судың булануымен түсіндіруге болады.

Сонымен, қауын езбесі қатысындағы желат-

иннің құрылым түзуін, ортаның рН-ын, иондық күшін, гидротроптығын өзгерту арқылы реттеуге болады. Желатин-қауын езбесі жүйесінде құрылым түзуге оптимальды рН мәні 5, яғни изоэлектрлік нүктеде. Желатин-қауын езбесі жүйесіндегі қанттың сірнелеуші әсері бүкіл зерттелген рН интервалында (2-10) байқалады. Сірненің беріктігіне мочеви́наның әсерін зерттеу концентрациясы 4 М мочеви́на қатысында құрылымның бұзылатындығын, ал тура

осындай концентрациядағы NaCl жүйенің беріктігін сақтайтындығын көрсетті. Қорыта келсек, желатин-қауын-қант жүйесінің құрылымдануында кулондық емес әрекеттесулердің үлесі басым.

Лимон қышқылының желатин-қауын-қант сірнелеріне әсерін зерттеу оның қоспаларының беріктікке оң әсері тек қауын езбесі қатысында ғана байқалатындығын көрсетті (5, 6 суреттер). Желатин және желатин-қант жүйелерінің беріктігі лимон қышқылының концентрациясы көбейген сайын төмендейтін болса, керісінше, желатин-қауын және желатин-қауын-қант

сірнелеріне қышқылды қосу олардың құрылымдану дәрежесін өсіріп отыр. Әдебиеттегі мәліметтерге сәйкес, лимон қышқылы кез келген сірненің беріктігін төмендету керек. Олай болса, желатин-қауын езбесі-лимон қышқылы негізінде алынған сірнелердің Р мәндерінің мұндай өсуін қауын құрамындағы пектиндік заттардың құрылым түзудегі ерекше рөлімен негіздеуге болады.

Сонымен желатин және қауын езбесі негізінде құрылымданған жүйелер алынып, олардың түзілуіндегі қант және лимон қышқылының рөлдері анықталды.

### Әдебиеттер

- 1 Blakemore W.R., Harpell A.R. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. – Oxford: Blackwell Publishing, 2009. – P. 73-94.
- 2 Тарасова Л.В. Желейный мармелад «Мармелор» // Пищевая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 52-53.
- 3 Корпачев В.В. Сахара и сахарозаменители. – Харьков : Изд-во «Книга плюс», 2004. – 256 с.
- 4 Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики (практикум). – Киев: Вища школа, 1977. – Ч. 3. – 141 с.
- 5 Измайлова В.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. – М.: Наука, 1974. – 268с.
- 6 Джаруллаев Д.С., Вагабов М.З.В., Расулов Э.М. Новый способ производства десертного желе // Кондитерское производство. – 2008. – № 7. – С 24-25.1
- 7 Пектины – совершенство формы. Пектины в ассортименте компании «Союзоптторг» // Пищевая промышленность. – 2007. – № 3. – С. 54-55.

### References

- 1 Blakemore W.R., Harpell A.R. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. P. 73-94.
- 2 Tarasova L.V. Jelly marmalade «Marmelor». [*Zheleiniy marmelad «Marmelor»*]. *Pishevaya promyshlennost – Food industry*. 2009, no. 3. P. 52-53.
- 3 Korpachev V.V. Sugar and sweetener. [*Sahara I saharozameniteli*]. Kharkov, 2004. 256 p.
- 4 Kruglickiy N.N. Basis of physicochemical mechanics (practice). [*Osnovy fiziko-himicheskoi mehaniki (praktikum)*]. Kiev: Vyshcha shkola, 1977. P. 3-141.
- 5 Izmailova V.N., Rebinder P.A. Structure formation in protein systems. [*Strukturoobrazovanie v belkovykh sistemakh*]. Moscow: Nauka - Science, 1974. P. 268.
- 6 Dzharullaev D.S., Vagabov M.Z.V., Rasulov E.M. New method of jelly dessert production. [*Novyi sposob proizvodstva desertnogo zhele*]. *Konditerskoe proizvodstvo - Confectionery*. 2008. 7. P. 24-25.
- 7 Pectins – perfection of form. Pectins in the range of company «Soyuzoptorg». [*Pektiny – sovershenstvo formy. Pektiny v assortimente kompanii «Soyuzoptorg»*]. *Pishevaya promyshlennost - Food industry*. 2007. 3. P. 54-55.