

ӨОЖ 544.77

А.В. Халиева, *С.М. Тәжібаева, Қ.Б. Мұсабеков

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

*E-mail: tazhibayeva_s@mail.ru

Агар-агар – топинамбур езбесі жүйесінің құрылымдану ерекшеліктері

Агар-агар және топинамбур негізінде құрылымданған жүйелер алынды. Агар-топинамбур езбесі жүйесіндегі құрылымтүзілу көмірсулар мен пектиндердің полярлы емес учаскелері арасындағы гидрофобты әрекеттесулермен тұрақтанған олардың карбоксил және гидроксил топтарының арасындағы сутектік байланыстары торларының түзілуіне негізделген. Агар-топинамбур жүйесіне мочевины қосу құрылымның бұзылуына апарды, бұл факт құрылымтүзудегі сутектік байланыстар мен гидрофобты әрекеттесулердің маңызды екендігін растайды. NaCl қатысында агардың беріктігі артып, агар-топинамбур жүйесінің беріктігі төмендейді, ол Na⁺-ның топинамбур пектиндерінің – OSO₃ – қышқылдық топтарының иондау әсерімен түсіндіріледі.

Түйін сөздер: агар, топинамбур езбесі, сірне, беріктік.

A.V. Khalieva, S.M. Tazhibayeva, K.B. Musabekov

Peculiarities of structuring of the agar-agar - heliantius tuberosus pulp system

Systems structured on the base of the agar - agar - heliantius tuberosus pulp was obtained. Structure formation in the agar - agar - heliantius tuberosus pulp system is stipulated by the formation of the hydrogen bonds between the carboxyl and hydroxyl groups of carbohydrates and pectin stabilized by hydrophobic interactions between their non-polar areas. Introduction urea to agar-heliantius tuberosus pulp system results to destruction of the structure which confirms the important role of hydrogen bonds and hydrophobic interactions in the structure formation. In the presence of NaCl is to increase the strength and decrease the strength of the agar-heliantius tuberosus mixture what explained that the ionizing effect of Na⁺ on acidic groups of heliantius tuberosus pectin group.

Keywords: agar, heliantius tuberosus pulp, gels, strength.

А.В. Халиева, С.М.Тажібаева, К.Б. Мусабеков

Особенности структурирования системы агар-агар - мякоть топинамбура

Получены структурированные системы на основе агар-агара и топинамбура. Структурообразование в системе агар-мякоть топинамбура обусловлено образованием сетки водородных связей между карбоксильными и гидроксильными группами углеводов и пектинов, стабилизированных гидрофобными взаимодействиями между их неполярными участками. Введение мочевины в систему агар-топинамбур приводит к разрушению структуры, что подтверждает определяющую роль водородных связей и гидрофобных взаимодействий в структурообразовании. В присутствии NaCl происходит повышение прочности агар-агара и понижение прочности смеси агар-топинамбур, что объяснено ионизирующим действием Na⁺ на кислотные группы агара и пектинов топинамбура.

Ключевые слова: агар, мякоть топинамбура, гели, прочность.

Кіріспе

Көптеген тағамдық өнімдердің арасында құрылымданған жүйелер ерекше орын алады. Оларды алу үшін көбінесе тез құрылымданатын биологиялық полимерлер қолданылады [1-2]. Бұл мақсатта әсіресе жиі пайдаланылатындары: желатин, агар-агар, крахмал және каррагинин.

Көрсетілген полимердің әрқайсысының құрылым түзуде өз ерекшеліктері бар, олар заттардың шығу тегіне, химиялық құрамына, полимерлік торлар түзуге бейім функционал топтардың табиғатына байланысты, ал ортақ қасиеті – ағзаға сіңімділігі. Сонымен бірге көптеген жеміс-жидектер де ағзаға сіңімділігімен ерекшеленеді, ал олардың езбесі жақсы құрылымдану қасиетіне иеленеді.

Сол себепті олардан көптеген мармеладтар, джемдер, пастилалар алынады. Құрылымданған тағамдық жүйелер алу үшін жеміс-жидектер мен дәнді дақылдарды пайдаланудың ұтымдылығы олардың құрамындағы витаминдердің көптігінде және бұл заттардың консерванттардың әсеріне тұрақтылығында. Бұл тұрғыдан жоғары энергиялық құндылығымен ерекшеленетін топинамбур езбесі қызығушылық туғызады. Осыған орай жұмыста агар-агардың топинамбур езбесі қатысында құрылым түзу ерекшеліктері зерттелді.

Тәжірибелік бөлім

Құрылым түзгіш биополимер ретінде агар-агар пайдаланылды. Тағамдық сірне алу үшін инулин құрамды түйнекті өсімдік *heliantius tuberosus* – топинамбур езбесі қолданылды [3]. Оның түйнектері қабығынан тазаланып, езбесі алынды. Агар-агар мен топинамбур езбесінің қоспалары алынып, 24 сағат уақыт бойы 25°C-де термостатта сақталды. Құрылымданған жүйенің беріктігі Вейлер-Рединдер құрылғысында анықталды. Беріктікті анықтау әдістемесі құрылымданған жүйеге салынған күрекшені шығару үшін өлшеуге негізделген. Осы ш/штің күрекшенің екі жағының ауданына қатынасы беріктік мәнін береді:

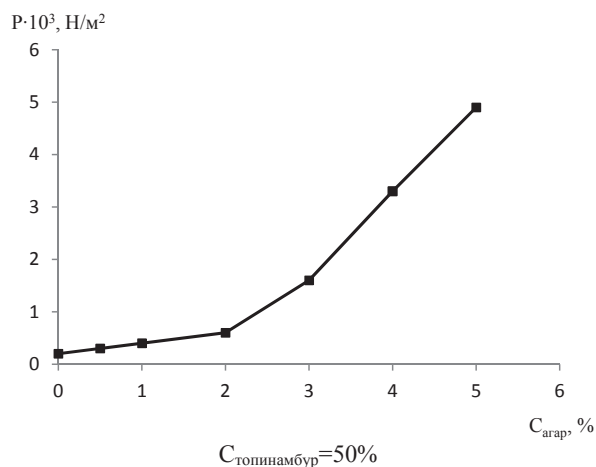
$$P = \frac{F}{2S}, \text{ Н/м}^2.$$

Құрылымданған тағамдық жүйелер алу үшін агарды таңдауымыздың себебі оның мармелад өндірісінде кеңінен қолданылуымен байланысты.

Нәтижелер және оларды талқылау

Ертеде жасаған зерттеулер бойынша агар-агардың критикалық құрылым түзілу концентрациясы (КҚТК) 0,75% құрайтындығы анықталған [7]. КҚТК мәнінің мұндай төмен болуы агардың құрылымдануға бейімдігін көрсетеді. Мысалы, желатин үшін бұл шама 25°C температурада 1%, метилцеллюлозада 10%, ал поливинил спирті үшін 20% құрайды [8]. Бұндай жоғары құрылым түзгіштік дисахаридтің бойындағы –ОН топтардың және –О, -Н атомдарының өзара

Н-байланыс түзуімен және полимердің полярлы емес бөліктерінің гидрофобтық әрекеттесулерімен түсіндіріледі.



1-сурет – Агардың сірнелерінің беріктігіне топинамбур езбесі мөлшерінің әсері.

Топинамбур езбесінің қоспасының қатысында агардың құрылымтүзгіштігін зерттеу оның КҚТК-сын көбейтіп отыр (1-сурет). Бұны агар тізбегінің арасында түзілген байланыстарын топинамбур қоспасының сиретуімен түсіндіруге болады.

Топинамбур түйнегі 3%-ға дейін ақуыз, минералды тұздар, еритін полисахарид инулин (16-18%), фруктоза, микроэлементтер, 2-4% азотты заттардан тұрады. Сонымен қатар, В₁, С дәрумендері мен каротинге бай [4]. Топинамбурда жеткілікті мөлшерде пектиндер және (14-19%) инулин болады. Топинамбур түйнегі фруктоолигосахаридтердің қайнар бұлағы болып табылады. Жаңа піскен түйнек 18-20%-ке жуық қатты заттардан, 70-80%-ті фруктоолигосахаридтерден тұрады. Күзде егістіктен қазылып алынған топинамбур түйнегінде активті ферменттер (85,2%-ке дейін қант түзілу), көктемде алынған топинамбур түйнегіне (18,3%-ке дейін) қарағанда көп болады [5].

Өсімдік сабағы мен түйнектерінде, жемісі мен жидектерінде көп мөлшерде көмірсу түрінде жоғары молекулалық қосылыстар – пектиндер болады [6]. Жасушалық қабырғаның құрғақ субстанциясының үштен бір бөлігіне дейін пектиндік заттар болып табылады. Бұл пектиндік заттар өсімдікте екі маңызды функция атқарады: олар коллоидтық табиғатына қарай жасушааралық судың алмасуын реттейді және

ісіну қабілетінің болуына қарай өсімдіктердің ағаш емес жұмсақ ұлпаларына серпімділік беріп, жасушалық қабырғаның компоненттерін қатайтады. Қазақ Тағам Академиясының

лабораториясында жасалған сараптамаға сәйкес топинамбур езбесінің 66%-су, 14,46% – көмірсулар, қалғаны – майлар, белоктар (1 кесте).

1-кесте – Топинамбур езбесінің химиялық құрамы

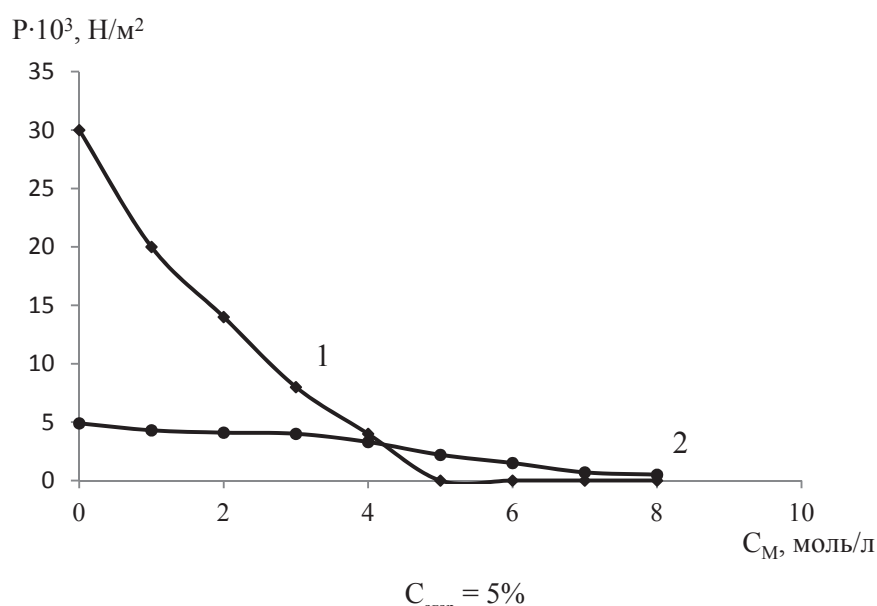
Химиялық құрамы	%
Тағамдық құндылығы, г/100 г.:	
Акуыздар	2,35
Майлар	0,11
Көмірсулар	14,46
Энергетикалық құндылығы, ккал	68,00
Дәрумендердің мөлшері, 100 г өнімде:	
С, мг	5,70
В1 (тиамин), мг	0,6
Никотин қышқылы	0,19
Минералды заттар, мг/100г:	
Кальций	148±29,6
Магний	41±8,2
Темір	0,98±0,19

Топинамбурдың судан кейінгі негізгі компоненті көмірсулар болып отыр. Жасуша қабықтарын біріктіргіш агенттің рөлін полисахаридтер орындайды. Олар топинамбур құрамында пектиндер және гемицеллюлоза ретінде болады. Пектингке келетін болсақ, ол – галактурон қышқылының полимері және оның құрамындағы кейбір карбоксил топтары метоксилденген. Метоксилдену дәрежесі 60%-ға дейін барады. Әдебиетте [9] осы метоксил топтарынан айырылған пектин құрылым түзуге қабілетсіз деген де пікір бар. Сонымен топинамбур езбесінің құрылымдық полисахаридтер, пектиндер және имицеллюлоза агар-агармен сутектік байланыстар және гидрофобтық әрекеттесулер арқылы құрылымдана алады.

Алайда, аз мөлшерде болса топинамбур құрамына кіретін Са, Mg, Fe иондарының да әсерін есепке алмауға болмайды. Олар, бір жағынан, пектин қышқылдарымен ион алмасу үрдісіне қатысуы мүмкін, ал, екіншіден, агар және пектиндік заттармен бірдей әрекеттесіп,

жүйенің құрылымын нығайтуға қабілетті. Құрылым түзудегі осы әрекеттесулердің үлесін анықтау үшін агар және агар-топинамбур езбесі жүйесінің мочеина қатысында құрылымдануы зерттелді. Бұл жайт спирттер, мочеина сияқты заттардың молекулаларының судағы сутектік байланыстарды өздеріне бағыттап алып, ондағы құрылымдарды толығымен жоюға қабілеттілігімен негізделеді [9]. Сол себепті бұл заттар қатысында суда Н-байланыстар да, олардың салдарынан пайда болатын гидрофобтық байланыстар да бұзылады.

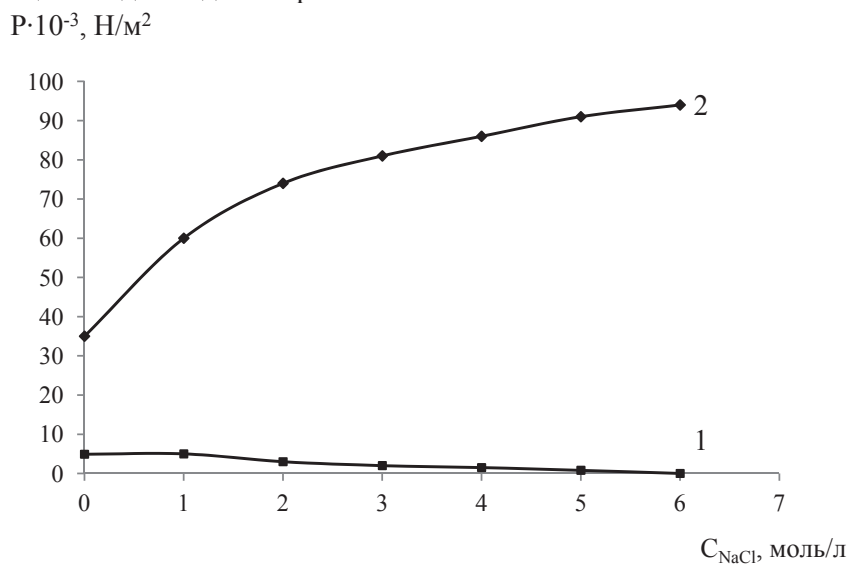
2 суреттен көрініп тұрғандай, 8 моль/л мочеина ортасында агардың құрылымы толығымен бұзылады, ал топинамбур қатысында Р мәні төмендеп, 5 моль/л мочеинаның қатысында 0-ге дейін түседі. Бұл нәтижелер агар-топинамбур езбесі жүйесіндегі құрылым түзуде көмірсулар молекулаларының арасындағы сутектік байланыстар мен олардың полярсыз бөліктерінің арасында пайда болатын гидрофобтық әрекеттесулердің анықтаушы рөлін көрсетеді.



2-сурет – Агардың (1) және агар-топинамбур еzbесі қоспасының (2) құрылымтүзуіне мочеина концентрациясының әсері

NaCl қатысында жасалған тәжірибелер (3-сурет) агардың электролит қатысында құрылым түзуі жоғарылайтындығын, ал

агар-топинамбур жүйесінің, керісінше, бұл жағдайда құрылымдануының төмендейтіндігін көрсетті.



3-сурет – NaCl қатысында агардың (1) және агар-топинамбур еzbесі қоспасының (2) құрылымдану қисықтары. $C_{\text{agar}} = 5\%$

Бұдан Na^+ иондарының агардың сульфоксил топтарын көлегейлеп, олардың өзара электростатикалық тебісуін азайтып, оның макромолекулаларының арасында жаңа полярлы емес

жанасулардың және сутектік байланыстардың пайда болуына ыңғайлы жағдай туғызатындығы туралы тұжырым жасауға болады. Сонымен бірге әдебиетте сілтілік металдар агардың

құрылымдану дәрежесін жоғарылатады деген мәліметтер кездеседі. Автор [10] – OSO_3^- топтарының қарсы иондары Са және Mg иондары деп есептелгендіктен, олардың Na^+ – иондарына алмасуы функционал топтың жақсы ионданып, гидраттануына сүйенеді. Бірақ тауарлық агар бұл иондардан тазаланатындықтан, алдағы көрсетілген себептің үлесі басымырақ болуы керек. Ал топинамбур езбесіне тұздың әсері оның жасушаларына жасалатын денатураландырғыш әрекетпен байланысты болу керек, яғни өсімдік жасушаларының бұзылуы олардың құрылым түзуіне тосқауыл жасайды. Пектиндік заттарға Na^+ иондарының әсері олардың карбоксил топтарының иондануына апарады. Нәтижесінде құрылымданатын агар мен топинамбурдың пектиндерінде теріс зарядты қышқылдық топтар көбейіп, электростатикалық тебісу күштер үлесі ұлғаяды.

Құрылымтүзу механизмі туралы мәліметтерді нақтылау үшін агар-су, топинамбур, агар-топинамбур жүйелерінің инфрақызыл спектрлері түсірілді. Олардың сәулені жұту жолақтарының максимумдарына сәйкес тербелу жиіліктері 2-кестеде берілген. Кестеден сутектік байланыстарға сәйкес келетін жолақтардың қоспада ығысуының әсіресе топинамбур езбесінде үлкендігін көруге болады. Ал полярлы емес учаскелерге (CH-топтар) сәйкес жолақтардың ығысуы соншалықты байқалмайды, яғни ковалентті емес әрекеттесулердің ішінде құрылымдану үрдісінде аса маңызды сутектік байланыстар болып отыр. Жалпы жағдайда гидрофобтық әрекеттесулердің өзінің пайда болуы сутектік байланыстардың салдары, сондықтан бұл жүйенің құрылым түзуінде сутектік байланыстардың басымдығы ешқандай күмән туғызбайды.

2-кесте – Агар және топинамбур езбесі негізінде алынған сірнелердің инфрақызыл спектрлері бойынша анықталған тербелу жиіліктері

Тербелу жиіліктері, cm^{-1}			
Функционалдық топтар	Агар-су	Топинамбур	Агар-топинамбур
ν (OH)	3400 1634	1657	1631
ν (CH)	2925	2923	2928
ν (COH)	1076	1064	1061

Сонымен, құрылым түзуге қатысатын 2 жүйенің де құрамындағы көмірсулық негіздің басымдылығы олардың арасында

сутектік байланыстар мен гидрофобтық әрекеттесулердің пайда болуына ыңғайлы жағдай жасайды.

Әдебиеттер

- 1 Matsuo M., Tanaka T., Ma L. Gelation mechanism of agarose and k-carrageenan solutions estimated in terms of concentration fluctuation // Polymer. – 2002. – Vol. 43. – P. 5299-5309.
- 2 Labropoulos K. C., Niesz D. E., Danforth S. C., Kevrekidis P. G. Dynamic rheology of agar gels: theory and experiment. – Part II. Gelation behavior of agar sols and fitting of a theoretical rheological model // Carbohydrate Polymer. – 2002. – Vol. 50, №4. – P. 407-415.
- 3 Губанов И. А. и др. Helianthus tuberosus L. – Подсолнечник клубеносный или Топинамбур. Москва. – 2004. – 405 с.
- 4 Александрова М.М. Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии получения этанола из топинамбура: Дисс.– Москва. – 2001. – 25 с.
- 5 Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Астрединова В.В., Мусаев Н.И. Концентрированная паста из топинамбура // Пищевая промышленность. – 2012. – №2. – С. 24-26.
- 6 Красильникова А.А., Авксентьева О.А., Жмурко В.В., Садовниченко Ю.А. Биохимия растений – Ростов на Дону, 2004. – 224 с.
- 7 Қ.Б.Мұсабеков, А.Қ.Таныбаева Лимон қышқылының агар-қауын жүйесінің құрылымдануына әсері // Изденіс. – 2007. – № 3. – С.111-114.
- 8 Козьмин Н.П. Биохимия хлебопечения. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 240 с.

9 Chaplin M. Agar in water structure and science. <http://www.lsbu.ac.uk/water/hyagar.html>, – 2009.

10 Wielinga W. C. Seed gums. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents.– Blackwell Publishing. – 2009. – P. 275-292.

References

- 1 Matsuo M., Tanaka T., Ma L. Gelation mechanism of agarose and k-carrageenan solutions estimated in terms of concentration fluctuation [*Mechanism gelirovanya rastvorov agarosy i karraginana, ocenennaya po fluctuacii koncentracii*]. *Polymer*, 2002, 43. P. 5299-5309.
- 2 Labropoulos K. C., Niesz D. E., Danforth S. C., Kevrekidis P. G. Dynamic rheology of agar gels: theory and experiment. – Part II. Gelation behavior of agar sols and fitting of a theoretical rheological model [*Dinamicheskaya reologiya agarovich gelei: teorya i eksperiment. – Chast II. Gelirovanye agarovich zolei i ustanovka teoreticheskoi reologicheskoi modeli*]. *Carbohydrate Polymer*, 2002, 50(4). P. 407-415.
- 3 Gubanov I. A. i dr. Helianthus tuberosus L. Sunflower or heliantius tuberosus. [*Helianthus tuberosus L. – Podsolnechnik klubenosnyj ili Topinambur*]. Moscow, 2004. 405 p.
- 4 Aleksandrova M.M. The development of energy- and resource-saving technology of ethanol production from heliantius tuberosus. Dissertation. [*Razrabotka jenergo- i resursosberegajushhej tehnologii poluchenija jetanola iz topinambura*], Moscow, 2001. 25 p.
- 5 Magomedov G.O., Magomedov M.G., Astredinova V.V., Musaev N.I. Concentrated paste made of heliantius tuberosus [*Koncentrirovannaja pasta iz topinambura*]. *Pishhevaja promyshlennost'*, 2012, no. 2. P. 24-26.
- 6 Krasil'nikova A.A., Avksent'eva O.A., Zhmurko V.V., Sadovnichenko Ju.A. Biochemistry of plants [*Biohimija rastenij*], Rostov na Donu, 2004. 224 p.
- 7 Musabekov K.B., Tanybaeva A.K. Effect of lemon acid on the structuring systems agar – melon pulp [*Limon kyshkyllynyn agar-kauyn zhuiesinin kurylymdanuyina aseri*]. *Izdenis*, 2007, no. 3. Pp.111-114.
- 8 Koz'min N.P. Biochemistry of breadmaking [*Biohimija hlebopechenija*], Moscow: Food Industry, 1978. 240 p.
- 9 Chaplin M. Agar in water structure and science [*Agar v strukture vody i v nauke*], Available at: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hyagar.html>, 2009.
- 10 Wielinga W. C. Seed gums. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents [*Semeni desny. Pishhevye stabilizatory, zagustiteli i zhelirujushhie agenty*], Blackwell Publishing, 2009. P. 275-292.