

AQAROZA-SU SİSTEMİNDƏ GELƏMƏLƏGƏLMƏ PROSESİNƏ MÜXTƏLİF QEYRİ-ÜZVİ DUZLARIN TƏSİRİNİN OPTİK METODLA ÖYRƏNİLMƏSİ

E.Ə. MƏSİMOV, A.R. İMAMƏLİYEV, A.H. ƏSƏDOVA

Bakı Dövlət Universiteti

Azərbaycan, Bakı 1148, Z. Xəlilov küç. 23

Optik metodla bir sıra qələvi duzların (NaCl, KCl, CaCl₂ və KBr) aqarozanın geləmələgəlmə proseslərinə təsiri öyrənilmişdir. Ölçmələr göstərir ki, fərqli anionların gelə təsiri də fərqlidir. Anionun sabit qaldığı duzlardan geləmələgəlmə və ərimə temperaturuna ən az təsir edən KCl, kationun sabit qaldığı duzlar arasında isə ən az təsir edən duz KBr-dur. Bu təsirlər qeyd olunan duzların gəlin yarandığı mühitin – suyun srtukturunda yaratdığı dəyişikliklərlə bağlıdır. Qeyri-üzvi duzların suyun strukturuna təsiri ionun suyu polarizə etmə qabiliyyətindən, bu isə ionun ölçüsündən, yükündən və yükünün səthi sıxlığından asılı olması ilə izah olunur.

Açar sözlər: aqaroza, qələvi duzlar, geləmələgəlmə temperaturu, ərimə temperaturu, histerezis

PACS: 77.22.Ej, 64.75 Bc, 31.70. Dk, 61.70 Og

Giriş

Aqaroza qırmızı dəniz yosunlarından alınan aqarın tərkib hissələrindən biridir və suda məhlulları nisbətən kiçik konsentrasiyalarda belə biotexnologiyada və tibbdə geniş tətbiq olunan güclü gel əmələ gətirir [1]. Bu baxımdan onun öyrənilməsi və lazım olan xassələrin idarə oluna bilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Dünyanın bir sıra aparıcı elm mərkəzlərində gellərin, xüsusi ilə də elektroneytral olan aqarozanın öyrənilməsi istiqamətində vacib işlər görülmüşdür. Aqarozanın suda məhlulunda geləmələgəlmə kompleks proses olub, temperatur və onun spesifik quruluşu ilə müəyyən olunur. Aqarozanın geləmələgəlmə mexanizmi üçün geniş yayılmış və qəbul olunmuş modellərdən biri də Tako və Nakamura tərəfindən təklif edilmişdir [2-4]. Polisaxarid hidrogellərinin polisaxarid məhlullarında geləmələgəlməsi klassik geləmələgəlmə mexanizmi kimi götürülə bilər [5-7]. Gellərdə baş verən geləmələgəlmə və gəlin ərimə prosesləri üst-üstdə düşür, yəni güclü termal histerezis müşahidə olunur [8,9]. Bu proseslər müxtəlif metodlarla, UV-vis spektroskopiyası, DSK (differensial skanedici kalorimetri) və s. metodlarla öyrənilir. Məsələn [9] işində aqaroza-su sistemində geləmələgəlmə UV-vis spektroskopiyası metodu ilə, [10] işində isə bu proses aqaroza və karreginan geli üçün DSK metodu vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir. [10-12] işlərində eyni zamanda geləmələgəlmə proseslərinə bir sıra duzların təsiri də öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, duzlar aqarozanın zol-gel keçidinə təsir edir və gəlin möhkəmliyi və ya zəifləməsi duzun anionundan asılıdır.

Bu işlərin təhlili onu göstərir ki, gəlin fiziki xassələrinin müxtəlif əlavələr vasitəsi ilə idarə olunması mümkündür və bu olduqca aktualdır. Bu işdə də müxtəlif təbiətli duzların və onların dissosiasiyası zamanı alınan ionların geləmələgəlmə və gəlin ərimə temperaturuna təsiri spektrofotometrik metodla tədqiq edilmişdir.

Ekspərimənt

İşdə CONDA firmasının istehsalı olan aqarozanın suda məhlulunun əmələ gətirdiyi gelə bir sıra qeyri-üz-

vi duzların (NaCl, KCl, KBr, CaCl₂) təsiri öyrənilmişdir. Əlavə olunan duzların konsentrasiyası 0.5 moldur. Aqaroza gəlinin hazırlanması aşağıdakı kimi yerinə yetirilmişdir. Aqaroza tozu ADAM PW 124 tərəzində (dəqiqlik 0,1 mq) çəkilərək bidistillə suyuna əlavə edilir. Qarışıq 1 gün saxlandıqdan (şişmə) sonra 95°C-yə qədər qızdırılır. Alınan bircins və şəffaf məhlul otaq temperaturuna qədər soyudulur.

Ölçmələr ikişüalı SPECORD 200 Plus spektrofotometrində 190-1100 nm dalğa uzunluğu intervalında 1nm addımıyla aparılmışdır. Nümunələr üzərində tədqiqat aparmaq üçün xüsusi kvarts küvetlərə (10x10x40 mm³) tökülür, cihazın içərisindəki yuvalara yerləşdirilir, sonra isə işıqburaxma

$$T = \frac{I}{I_0}$$

ölçülür. I_0 – nümunəyə düşən, I – nümunədən keçən işığın intensivliyidir. Alınmış nəticələrə əsasən optik sıxlıq

$$D = -\ln T = \ln \frac{I_0}{I}$$

hesablanır.

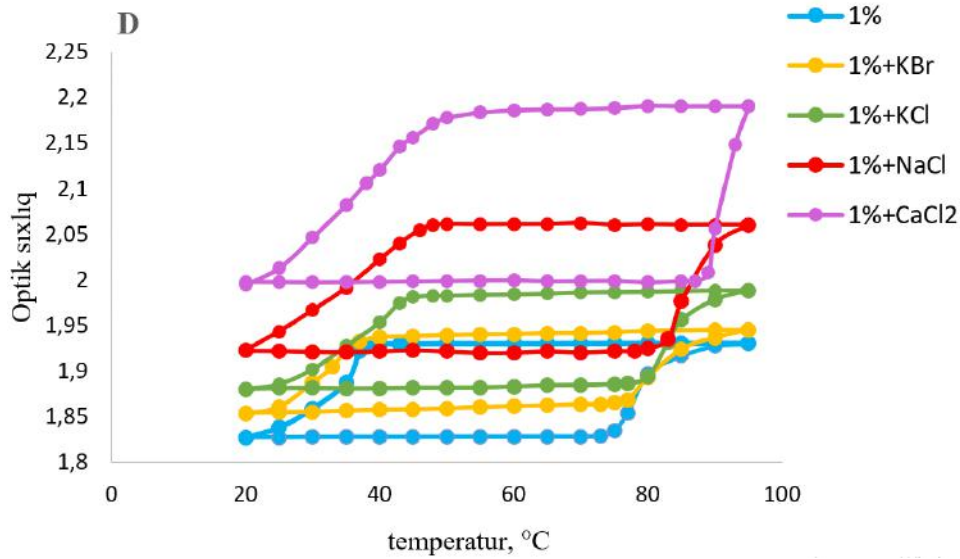
Kvars qabların qoyulduğu yuvalar termostatla (ALPHA LAUDA) təchiz olunmuşdur. Temperatur asılılığını qararkən gəlin çox gec tarazlığa gəldiyini nəzərə alaraq hər temperaturda termodinamik tarazlığın yaranması üçün təxminən 1 saata yaxın gözlənilir. Bu proses həm qızma, həm də soyuma rejimləri üçün aparılır. Gözləniləndiyi kimi $D(T)$ asılılığında istilik histerezisləri müşahidə olunur. Seçilmiş duzlar (0,5 mol konsentrasiyada) aqarozanın güclü gel əmələ gətirən halına (1%-li aqaroza duzuna) əlavə olunmuşdur.

Nəticələr və müzakirə

Qeyd edək ki, gəldən keçən işığın intensivliyinin azalmasında əsas rolunu udulma yox, səpilmə oynayır. Çünki gəlin strukturunu təşkil edən hissəciklər və fəza torunun ölçüləri işığın dalğa uzunluğu tərtibindədir (0,1mkm – 1 mkm). Polimer məhlulu zol halından gel halına keçdikdən sonra fəza torunun formalaşması uzun

müddət davam edir. Bu özünü gelin işıqburaxmasına (T%) göstərir. Temperaturun artması və azalması ilə aqaroza gelinin işıqburaxmasının dəyişməsi gelin fəza torunun parçalanması və əmələ gəlməsi haqqında mü-

əyyən məlumat daşıyır [11]. Gelin qızdırılması və soyuması zamanı onun işıqburaxmasının temperatur asılılığında müşahidə olunan istilik histerezisləri şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Qələvi duzların aqarozanın güclü gələmələgətirən konsentrasiyasına (1%) təsirini əks etdirən istilik histerezisləri.

Qrafikdən oxunan nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

| Gelin tərkibi | t_g (°C) | t_s (°C) |
|------------------------------|------------|------------|
| 1%-li gel | 36 | 75 |
| 1%-li gel +CaCl ₂ | 48 | 89 |
| 1%-li gel +NaCl | 46 | 83 |
| 1%-li gel +KCl | 43 | 80 |
| 1%-li gel +KBr | 37 | 77 |

Cədvəldən göründüyü kimi gələmələgəlmə (t_g) və ərimə (t_s) temperaturları duzların təsiri nəticəsində nəzərə çarpacaq dərəcədə artmışdır. Bu təsirlər, bizim fikrimizcə, duzların gelin yarandığı mühitin – suyun srtukturunda yaratdığı dəyişikliklərlə bağlıdır. Qeyri-üzvi duzların suyun strukturuna göstərdiyi fərqli təsirlər ionun suyu polyarizə etmə qabiliyyətindən, bu isə ionun ölçüsündən, yükündən və yükünün səthi sıxlığından asılıdır. Yükünün səthi sıxlığı böyük olan ionlar ion ətrafı suya strukturlaşdırıcı, kiçik səthi sıxlığa malik olan ionlar isə dağıdıcı təsir göstərir. Suyun strukturu-

nun dəyişməsi, polimerin suda məhlulunda gelin əmələgəlməsi üçün zəruri olan müxtəlif növ rabitələrin (dipol-dipol, hidrogen rabitəsi və s) sayının və gücünün dəyişməsinə səbəb olur.

Nəticə

Üzvi duzların aqaroza-su sistemində gələmələgəlmə prosesinə təsiri isə bu duzların hidrofob və hidrofil funksional qruplarının suya təsirlərinin hansının üstün olması ilə əlaqədardır. Hidrofil əlavə ya gel fazada ionşəkili assosiatların ölçüsünün böyüməsinə, ya da sərbəst su molekullarını öz ətrafına toplayaraq (hidratlar yaradaraq) sistemin özlülüyünün artmasına səbəb olur. Burada ikinci səbəb daha güclü görünür. Özlülüyün artması ilə də gelin möhkəmliyi beləliklə də t_g və t_s temperaturları yuxarıya doğru sürüşür. Anionu (Cl) eyni olan duzlar içərisində güclü gələmələ gətirən duz CaCl₂ olduğu halda, kationu (K) sabit qalan duzlardan güclü gel əmələ gətirəni KCl-dur.

[1] Elena Varoni, Matilde Tschon, Barbara Palazzo, Paola Nitti, Lucia Martini, Lia Rimondini. Agarose Gel as Biomaterial or Scaffold for Implantation Surgery: Characterization, Histological and Histomorphometric Study on Soft. *Connective Tissue Research*, 2012; 53(6): 548–554.

[2] M. Tako, S. Nakamura. Gelation mechanism of agarose, *Carbohydrate Research*, 1988, 180 (2), 277-284

[3] Arif Selcuk Ogrenici, Onder Pekcan, Selim Kara & Ayse Humeyra Bilge. Mathematical Characterization of Thermoreversible Phase

Transitions of Agarose Gels. *Journal of Macromolecular Science, Part B Physics* 2018.

[4] Emiliano Fernandez, Daniel Lopez, Carmen Mijangos, Miroslava Duskova-Smrckova, Michal Ilavsky, Karel Dusek. Rheological and Thermal Properties of Agarose Aqueous Solutions and Hydrogels. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, vol. 46, 322–328, 2008.

[5] C. Viebke, L. Piculell, S. Nilsson. On the Mechanism of Gelation of Helix-Forming Biopolymers. *Macromolecules* 1994, 27, 4160–4166.

- [6] *M. Djabourov, J. Leblond, P. Papon.* Gelation of aqueous gelatin solutions. II. Rheology of the sol-gel transition. *J. Phys. Fr.* 1988, 49, 333–343.
- [7] *E.Ə. Məsimov, A.R. İmaməliyev.* Polimer gellərin fiziki xassələri. Bakı-2014.
- [8] *A.H. Asadova and E.A. Masimov.* The solution-gel phase transition in aqueous solutions of agarose. *Modern Physics Letters B*, vol. 35, No. 8 (2021) 2150147 (7 pages).
- [9] *P.L. Indovina, E. Tettamanti, M.S. Micciancio Giammarinaro and M.U. Palma.* Thermal hysteresis and reversibility of gel-sol transition in agarose-water systems: *The Journal of Chemical Physics* 70, 2841, 1979.
- [10] *M. Watase, K. Nishinari.* The Effect of Sodium Thiocyanate on Thermal and Rheological Properties of kappa-Carrageenan and Agarose Gels. *Carbohydrate Polymers* 11, 1989, 55-66, 269-284.
- [11] *Struther Arnott, A. Fulmer, W. E. Scott.* The Agarose Double Helix and Its Function in Agarose Gel Structure. *J. Mol. Biol.*, 1974, 90.
- [12] *Lennart Picdell and Svante Nilsson.* Anion-Specific Salt Effects in Aqueous Agarose Systems. 1. Effects on the Coil-Helix Transition and Gelation of Agarose. *J. Phys. Chem.* 1989, 93, 5596-5601.

E.A. Masimov, A.R. Imamaliyev, A.H. Asadova

STUDY OF THE INFLUENCE OF SOME INORGANIC SALTS ON THE GELATION PROCESS IN THE AGAROSE – WATER SYSTEM BY THE OPTICAL METHOD

The influence of a number of alkaline salts (NaCl, KCl, CaCl₂ and KBr) on the gelation processes in aqueous agarose solution was studied by spectrophotometric method. The results of the study show that different anions have different effects on the gel. Among the salts where the anion is stable, KCl has the least effect on the gel formation and gel melting temperature, and among the salts where the cation remains stable, KBr has the least effect. The detected patterns are related to the influence of these salts on the structures of water, the medium where the gel is formed. The influence of inorganic salts on the structure of water is explained by the ability of ions to polarize water, which depends on the size, charge and charges surface density of the ion.

Э.А. Масимов, А.Р. Имамалиев, А.Г. Асадова

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ АГАРОЗА-ВОДА ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Влияние ряда щелочных солей (NaCl, KCl, CaCl₂ и KBr) на процессы гелеобразования в водном растворе агарозы изучено спектрофотометрическим методом. Результаты исследования показывают, что разные анионы по-разному влияют на гель. Среди солей, в которых анион остается стабильным, наименьшее влияние на температуру гелеобразования и плавления гели оказывает KCl, а среди солей, в которых остается устойчивым катион, наименьшее влияние оказывает KBr. Обнаруженные закономерности связаны с влиянием эти солей на структуры воды – среды, где образуется гель. Влияние неорганических солей на структуру воды объясняется способностью ионов поляризовать воду, которая зависит от размера, заряда и поверхностной плотности заряда иона.