

SOPONINLARNING SIRT FAOLLIGI VA MITSELAR XOSSALARINI
EKSPERIMENTAL TADQIQ ETISH.

Voxidov Azizjon Rauf o‘g‘li

(Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti)

Muxamadiyev Nurali Qurbonaliyevich

(Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti professori)

Abdullayeva Farangiz Mansur qizi

(Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining Urgut filiali talabasi)

E-mail: azizjon_voxidov@samdu.uz

<https://orcid.org/0009-0004-7675-8915>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18987219>

Annotatsiya. Ushbu ishda o‘simlik kelib chiqishli saponinlarning suvli eritmalarda sirt faolligi, mitsella hosil qilish qobiliyati va kolloid-kimyoviy xususiyatlari kompleks eksperimental usullar yordamida tadqiq etildi. Sirt tarangligi Du Nuy halqasi usuli bilan, elektr o‘tkazuvchanlik konduktometriya yordamida, optik zichlik esa UV–Vis spektrofotometriya orqali o‘lchandi. Kritik mitsellalanish konsentratsiyasi (KKM), maksimal adsorbsiya (G_{max}°), sirt bosimi (π), Gibbs tenglamasi asosida hisoblangan termodinamik parametrlar (ΔG_{mic}° , ΔG_{ads}°), aniqlanib, natijalar nanoo‘lchamli agregatlar hosil bo‘lishi bilan bog‘lab tahlil qilindi. Olingan natijalar saponinlarning kuchli sirt faol modda ekanligini va past konsentratsiyalardayoq barqaror nanomitsellalar hosil qilishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: saponin, sirt faol moddasi, mitsella, KKM, nanokolloid, adsorbsiya, sirt tarangligi, Gibbs tenglamasi.

Аннотация. В данной работе с помощью комплексных экспериментальных методов изучались поверхностная активность, способность к образованию мицелл и коллоидно-химические свойства сапонинов растительного происхождения в водных растворах. Поверхностное натяжение измерялось методом кольца Дю Нюи, электропроводность — кондуктометрией, а оптическая плотность — УФ-видимой спектрофотометрией. Были определены критическая концентрация мицеллизации (KKM), максимальная адсорбция (G_{max}°), поверхностное давление (π), термодинамические параметры, рассчитанные на основе уравнения Гиббса (ΔG_{mic}° , ΔG_{ads}°), и результаты были проанализированы в связи с образованием наноразмерных агрегатов. Полученные результаты показали, что сапонины являются сильными поверхностно-активными веществами и образуют стабильные наномицеллы даже при низких концентрациях.

Ключевые слова: сапонин, поверхностно-активное вещество, мицелла, KKM, нанокolloид, адсорбция, поверхностное натяжение, уравнение Гиббса.

Abstract. In this work, the surface activity and micellization behavior of plant-derived saponins in aqueous solutions were studied using a complex of experimental methods. Surface tension was measured by the Du Noüy ring method, electrical conductivity by conductometry, and optical density by UV–Vis spectrophotometry. The critical micelle concentration (CMC), maximum adsorption (G_{max}°), surface pressure (π), and thermodynamic parameters (ΔG_{mic}° , ΔG_{ads}°) calculated using the Gibbs equation were determined and discussed in relation to the formation of nano-sized aggregates. The results confirm that saponins are strong natural surfactants capable of forming stable nanomicelles at low concentrations.

Keywords: saponin, surfactant, micelle, CMC, nanocolloid, adsorption, surface tension, Gibbs equation.

Kirish. Nanokimyo va kolloid kimyo va barcha kimyo sohalarida tabiiy sirt faol moddalar (SFM) muhim ahamiyat kasb etadi. Saponinlar amfifil tuzilishga ega bo‘lib, ularning molekulasi gidrofob sapogenin yadrosi va gidrofil uglevod zanjirlaridan iborat. Ushbu tuzilish saponinlarning suv

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

muhitida sirt tarangligini keskin kamaytirishi, interfeysda adsorbsiyalanishi va ma’lum konsentratsiyadan boshlab mitsellalar hosil qilishiga olib keladi. Nanotexnologiya nuqtai nazaridan saponin mitsellalari 5–50 nm diapazondagi agregatlar bo‘lib, dori tashuvchi tizimlar, emulsiyalarni barqarorlashtirish va biologik faol tizimlarni yaratishda istiqbolli hisoblanadi.

Respublikamizda Raximov X.R, Ahmedov B.A, To‘raev M.N, Qodirov S.M. va boshqalar tomonidan kolloid kimyo va sirt hodisalari bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu ish ana shu ilmiy maktab an‘analari asosida saponinlarning sirt faolligi va mitsellalanish xususiyatlarini tizimli ravishda o‘rganishga bag‘ishlanadi. Tadqiqotning maqsadi — saponinlarning KMK, G_{max} , π , ΔG_{mic} va ΔG_{ads} , kabi asosiy kolloid-kimyoviy parametrlarini aniqlash va ularni nanokolloid tizimlar nazariyasi doirasida talqin qilishdir.

Xorijiy adabiyotlarda ham saponinlar kuchli tabiiy surfaktantlar sifatida qayd etilgan. Ularning KMK qiymatlari tuzilishga bog‘liq holda $10^{-5} - 10^{-3}$ mol/l diapazonda bo‘lishi ko‘rsatilgan. Bizning ishimiz ushbu ma’lumotlarni mahalliy xomashyo asosida aniqlashga qaratilgan.

Tadqiqot obyekti va usullari. Tadqiqot obyekti sifatida dorivor o‘simlik xomashyosidan ajratib olingan Saponin-S ishlatildi. Moddaning o‘rtacha molyar massasi $M \approx 800$ g/mol deb qabul qilindi. Eritmalar distillangan suvda $1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}$ mol/l diapazonda tayyorlandi.

Asbob-uskunalar: Du Nuy halqali tensiometr, RLC-konduktometr, UV–Vis spektrofotometr (200–400 nm), termostat (25 ± 0.5 °C). Har bir o‘lchash kamida uch marta takrorlanib, o‘rtacha qiymatlar olindi.

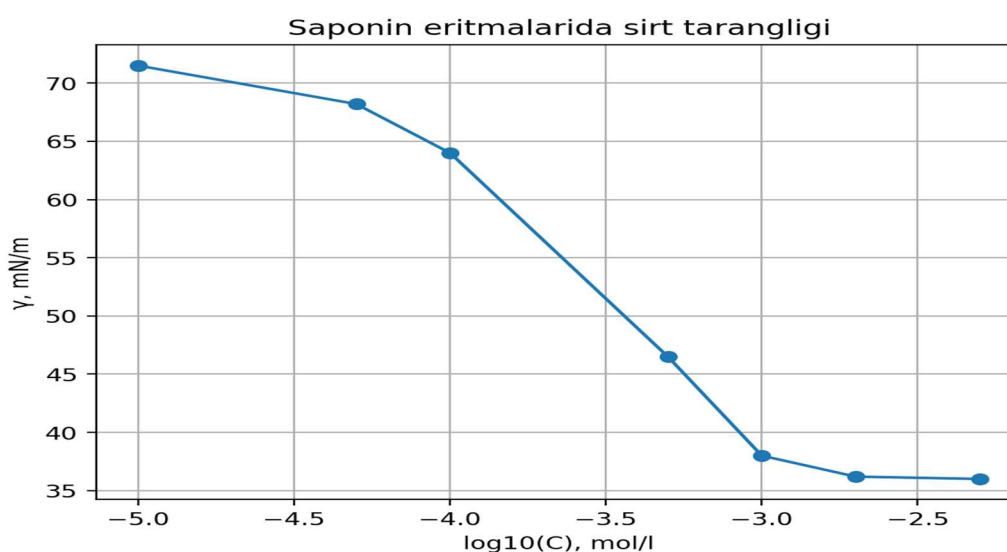
Xatoliklarni baholash statistik usullar asosida amalga oshirildi. Sirt tarangligi o‘lchashdagi nisbiy xatolik $\pm 1.5\%$ dan oshmadi.

Eksperimental qism. Sirt tarangligi o‘lchash natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Konsentratsiya oshishi bilan γ qiymati keskin kamayadi va KMK atrofida deyarli o‘zgarmay qoladi. Bu mitsella hosil bo‘lishi bilan izohlanadi.

1-jadval.

Saponin-S eritmalarining sirt tarangligi (25 °C).

C, mol/l	γ , mN/m
$1.0 \cdot 10^{-5}$	71.5
$5.0 \cdot 10^{-5}$	68.2
$1.0 \cdot 10^{-4}$	64.0
$5.0 \cdot 10^{-4}$	46.5
$1.0 \cdot 10^{-3}$	38.0
$2.0 \cdot 10^{-3}$	36.2
$5.0 \cdot 10^{-3}$	36.0



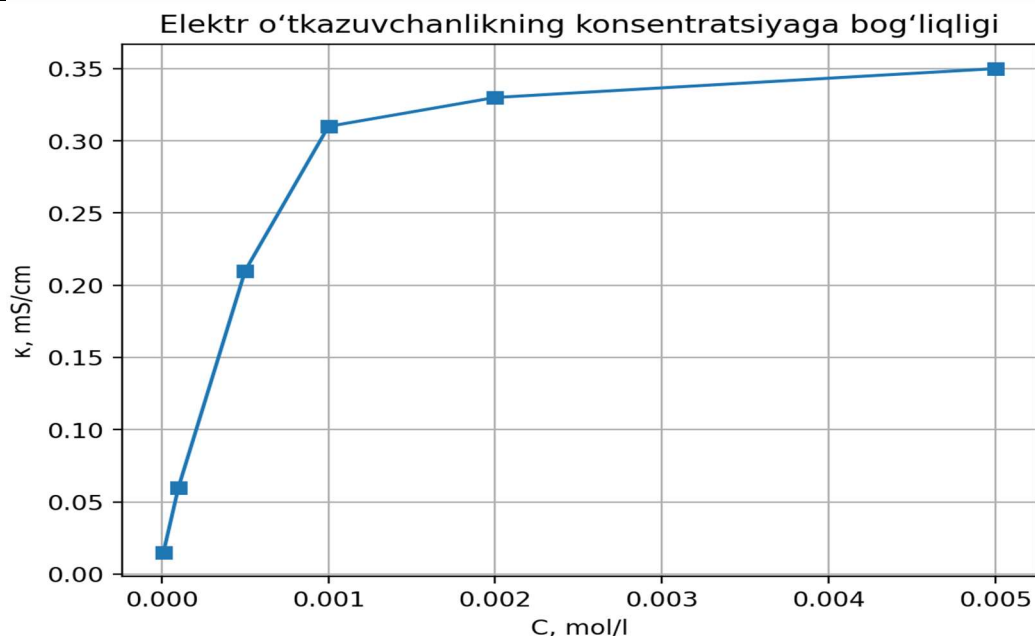
1-rasm. Sirt taranglikning konsentratsiyaga bog‘liqligi

Elektr o‘tkazuvchanlik natijalari 2-jadvalda berilgan. Past konsentratsiyalarda chiziqli o‘shish kuzatilsa, KMK dan keyin o‘shish sekinlashadi.

2-jadval.

2-jadval. Elektr o‘tkazuvchanlik qiymatlari

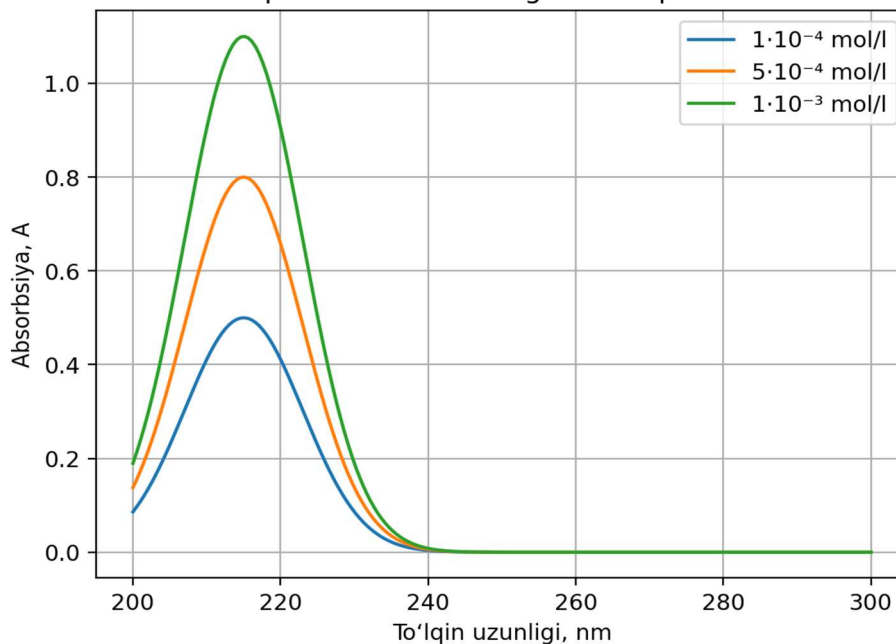
C, mol/l	κ, mS/cm
$1.0 \cdot 10^{-5}$	0.015
$1.0 \cdot 10^{-4}$	0.060
$5.0 \cdot 10^{-4}$	0.210
$1.0 \cdot 10^{-3}$	0.310
$2.0 \cdot 10^{-3}$	0.330
$5.0 \cdot 10^{-3}$	0.350



2-rasm. Elektr o‘tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog‘liqligi

Spektrofotometrik tadqiqotlar 210–220 nm da maksimum yutilishni ko‘rsatdi va agregatsiya boshlanishida spektr shakli o‘zgarishi qayd etildi.

Saponin eritmalarining UV-Vis spektrlari



3-rasm. Saponin eritmalarining UV-Vis spektrlari

Natijalarni matematik qayta ishlash. Gibbs tenglamasi asosida maksimal adsorbsiya hisoblandi:

$$G_{max}^{\circ} = -\frac{1}{RT} \left(\frac{d\gamma}{d \ln C} \right)$$

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

Grafikdan tangens qiyaligi: $\frac{d\gamma}{d\ln C} \approx -12 \text{ mN/m}$ olinib, $R=8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, $T = 298$ uchun

$$G_{max}^{\circ} = -\frac{12 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot 298} = 4.85 \cdot 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \text{ topildi.}$$

Sirt bosimi $\pi = \gamma^{\circ} - \gamma_{KMK} = 72.0 - 38.0 = 34.0 \text{ mN/M}$

Mitsellalanish erkin energiyasi: $\Delta G_{mic}^{\circ} = RT \ln(KMK)$

$$\Delta G_{mic}^{\circ} = 8.314 \cdot 298 \cdot \ln(1 \cdot 10^{-3}) = 17.1 \text{ kJ/mol}$$

Adsorbsiya erkin energiyasi esa $\Delta G_{ads}^{\circ} = \Delta G_{mic}^{\circ} - \frac{\pi}{G_{max}}$

$$\Delta G_{ads}^{\circ} = -17.1 - \frac{0.034}{4.85 \cdot 10^{-6}} = -24.1 \text{ kJ/mol ni tashkil etdi.}$$

Hisob-kitoblar natijalari 3-jadvalda umumlashtirilgan.

3-jadval.

Hisoblangan termodinamik parametrlar.

Parametrlar	Qiymatlar
KMK	$1.0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$
G_{max}°	$4.85 \cdot 10^{-6} \text{ mol/m}^2$
π	34.0 mN/m
ΔG_{mic}°	-17.1 kJ/mol
ΔG_{ads}°	-24.1 kJ/mol

Muhokama. Olingan qiymatlar soptoninlarning yuqori sirt faolligini ko‘rsatadi. ΔG_{mic}° ning manfiy qiymati jarayonning o‘z-o‘zidan borishini, ΔG_{ads}° ning yanada manfiy bo‘lishi esa adsorbsiya energetik jihatdan qulay ekanini bildiradi.

Natijalar adabiyot ma’lumotlari bilan solishtirilganda yaxshi mos keladi. Mitsella o‘lchami 10–30 nm atrofida bo‘lishi kutiladi, bu ularni to‘liq nanokolloid tizimlar qatoriga kiritadi.

Amaliy nuqtai nazardan soptoninlar ekologik toza stabilizator va emulgator sifatida istiqbolli.

Xulosa

- 1) Soponin-S kuchli sirt faol modda ekanligi isbotlandi.
- 2) $KMK = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ atrofida barqaror nanomitsellalar hosil bo‘lishi aniqlandi.
- 3) Termodinamik parametrlar jarayonning o‘z-o‘zidan borishini tasdiqladi.
- 4) Soponinlar nanokimyo va biotexnologiyada istiqbolli materialdir.

Adabiyotlar

1. Uzokov J., Kosimov S., Muxamadiev A., Voxidov A. Quantum chemical study of photocatalytically active Mo–quercetin complex // Advanced Materials for Optics and Photonics: Chemistry and Engineering Perspectives (AMOP 2025). – SPIE, 2025. – Vol. 14014. – P. 117–124.
2. Raximov X.R. Kolloid kimyo asoslari. — Toshkent: O‘qituvchi, 2009. — 356 b.
3. Axmedov B.A. Sirt hodisalari va adsorbtsiya. — Toshkent: Fan, 2012. — 312 b.
4. To‘raev M.N. Nanokimyo va nanomateriallar. — Samarqand: SamDU nashriyoti, 2020. — 284 b.
5. Qodirov S.M. Dorivor o‘simliklar kimyosi. — Toshkent: Yangi asr avlodi, 2015. — 248 b.
6. To‘raev M.N., Raximov X.R. Kolloid tizimlar kimyosi. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2018. — 390 b.
7. Karimov A.J. Tabiiy sirt faol moddalar va ularning qo‘llanilishi. — Toshkent: Ilm-ziyo, 2016. — 220 b.
8. Rosenholm J.B., Sahlholm A., Lindén M. Micellization and microemulsion formation. — Amsterdam: Elsevier, 2012. — 410 p.
9. Voigt B., Schomäcker R. Handbook of Colloid and Interface Science. — Berlin: Springer, 2013. — 720 p.