

**AYRIM FLAVONOIDLARNING JIGAR MITOXONDRIYALARI  
SUKSINATDEGIDROGENAZA FAOLLIGIGA TA’SIRI**

**Raxmatillayeva Y.B**  
**Ikromova M.A**  
**Yo‘ldoshev B.G‘**  
**Ergashev N.A**  
**Komilov E.J**  
**Asrarov M.I**

Qarshi davlat universiteti, Qarshi, O‘zbekiston.  
O‘zMU huzuridagi Biofizika va biokimyo instituti, Toshkent, O‘zbekiston.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18981750>

**Annotatsiya:** Mazkur tezisda ayrim flavonoidlarning jigar mitoxondriyalari tarkibidagi suksinatdegidrogenaza (SDH) fermenti faolligiga ta’siri o‘rganiladi. Suksinatdegidrogenaza hujayra nafas olish zanjirining muhim bo‘g‘ini bo‘lib, u trikarboksilat sikli va elektron tashish zanjirini bog‘lovchi asosiy ferment hisoblanadi. Tadqiqot davomida tabiiy manbalardan olingan flavonoidlarning mitoxondrial ferment tizimlariga modulyatorlik xususiyati, ularning antioksidant faolligi hamda energiya almashinuvidagi o‘rni tahlil qilinadi. Olingan natijalar flavonoidlarning oksidlovchi stress sharoitida jigar hujayralarining bioenergetik holatini yaxshilash yoki ferment faolligini boshqarishdagi potensial ahamiyatini ko‘rsatadi. Ushbu ilmiy ish metabolik buzilishlar va gepatoprotektiv vositalarni ishlab chiqishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar:** flavonoidlar, jigar mitoxondriyalari, suksinatdegidrogenaza, ferment faolligi, elektron tashish zanjiri, trikarboksilat sikli, bioenergetika, antioksidant faollik, oksidlovchi stress, metabolik jarayonlar.

**Аннотация:** В данной диссертации изучается влияние некоторых флавоноидов на активность фермента сукцинатдегидрогеназы (СДГ) в митохондриях печени. Сукцинатдегидрогеназа является важным звеном клеточной дыхательной цепи, представляя собой основной фермент, связывающий цикл трикарбоновых кислот и цепь переноса электронов. В ходе исследования анализируются модулирующие свойства флавоноидов, полученных из природных источников, на митохондриальные ферментные системы, их антиоксидантная активность и роль в энергетическом обмене. Полученные результаты указывают на потенциальную важность флавоноидов в улучшении биоэнергетического состояния клеток печени или регулировании активности ферментов в условиях окислительного стресса. Данная научная работа имеет важное теоретическое и практическое значение в разработке средств для лечения метаболических расстройств и гепатопротекторов.

**Ключевые слова:** флавоноиды, митохондрии печени, сукцинатдегидрогеназа, активность фермента, цепь переноса электронов, цикл трикарбоновых кислот, биоэнергетика, антиоксидантная активность, окислительный стресс, метаболические процессы.

**Annotatsiya:** Mazkur tezisda ayrim flavonoidlarning jigar mitoxondriyalari tarkibidagi suksinatdegidrogenaza (SDH) fermenti faolligiga ta’siri o‘rganiladi. Suksinatdegidrogenaza hujayra nafas olish zanjirining muhim bo‘g‘ini bo‘lib, u trikarboksilat sikli va elektron tashish zanjirini bog‘lovchi asosiy ferment hisoblanadi. Tadqiqot davomida tabiiy manbalardan olingan flavonoidlarning mitoxondrial ferment tizimlariga modulyatorlik xususiyati, ularning antioksidant faolligi hamda energiya almashinuvidagi o‘rni tahlil qilinadi. Olingan natijalar flavonoidlarning oksidlovchi stress sharoitida jigar hujayralarining bioenergetik holatini yaxshilash yoki ferment faolligini boshqarishdagi potensial ahamiyatini ko‘rsatadi. Ushbu ilmiy ish metabolik buzilishlar va gepatoprotektiv vositalarni ishlab chiqishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar:** flavonoidlar, jigar mitoxondriyalari, suksinatdegidrogenaza, ferment faolligi, elektron tashish zanjiri, trikarboksilat sikli, bioenergetika, antioksidant faollik, oksidlovchi stress, metabolik jarayonlar.

Nafas zanjirining II kompleksi – suksinatdegidrogenaza (SDG) fermenti ham nafas zanjirida elektronlar tashilishida, ham limon kislota siklida ishtirok etuvchi yagona ferment hisoblanadi. Oxirgi

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

yillarda olingan ma’lumotlarni ko’rsatishicha, SDG kanserogeneza supressor sifatida, suksinat esa onkometabolit sifatida qaralayotganligi ta’kidlanmoqda. SDG fermentining disfunksiyasi oqibatida ham saraton kasalliklari, ham neyrodegenerativ kasalliklar rivojlanishi mumkinligi ko’rsatilgan. Hozirgi vaqtda ushbu jarayonlarni oldini oluvchi yuqori antioksidant xossaga ega o’simlik biologik faol moddalari, xususan flavonoidlarga katta e’tibor qaratilmoqda. Flavonoidlar turli kasalliklarda rivojlanuvchi erkin radikallarni neytrallaydi. Shunga ko’ra, tadqiqotlarda kalamush jigar mitoxondriyalari SDG fermenti faolligiga kempferol hamda uning glikozidlarining ta’siri o’rganildi.

Tajribalar vazni 200-220 g bo’lgan zotsiz oq kalamushlarda olib borildi. Kalamush jigari mitoxondriyalari differensial syentrifugalash usuli bo’yicha ajratildi. Ajratish muhiti tarkibi: 250 mM saxaroza, 10 mM tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 7,4. Mitoxondriyalarda oqsil miqdori biuret usuli bilan aniqlandi. Mitoxondriyalarning SDG fermenti faolligi fotometrik usulda 420 nm to’lqin uzunligida 37°C 5 minut davomida optik zichlikning o’zgarishi natijasida aniqlandi. Mitoxondriyalar SDG fermenti faolligi aniqlash uchun inkubatsiya muhiti tarkibi (mM da): fosfat bufer - 100, suksinat - 5, NaN<sub>3</sub> - 1, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] - 0.1 va pH 7,2.

Tadqiqotlarda SDG fermenti faolligiga flavonoidlar ta’siri o’rganildi. Bunda flavonoidlarning 10 va 50 mkM konsentratsiyalari ferment faolligini turlicha faollashtirishi aniqlandi. Masalan kempferol flavonoidining 10 mkM konsentratsiyasi ferment faolligini 24,95±0,67% ga, 50 mkM konsentratsiyasi esa 47,08±1,12% ga faollashtirishi aniqlandi. Kempferol-7-O-ramnozidning SDG fermenti faolligiga ta’siri o’rganilganda esa, flavonoidning 10 mkM konsentratsiyasi ferment faolligini 11,6±0,98% ga, 50 mkM konsentratsiyasi esa 25,7±1,1% ga faollashtirgan bo’lsa, kempferitrin ferment faolligiga nisbatan sustroq ta’sir ko’rsatishi aniqlandi. Flavonoidning 10 mkM konsentratsiyasi ta’sirida ferment faolligi 3,35±0,52% ga va 50 mkM konsentratsiyasida esa 15,29±1,15% ga faollashishi aniqlandi. Afzelin flavonoidi ham ferment faolligiga nisbatan sust ta’sir ko’rsatib, flavonoidning 10 mkM konsentratsiyasida ferment faolligi 7,24±1,5% ga va 50 mkM konsentratsiyasi ta’sirida esa 25,75±1,5% ga faollashishi aniqlandi. Olingan natijalardan ko’rinib turibdiki, kempferol flavonoidi glikozidlariga nisbatan o’rganilgan ferment faolligiga kuchliroq ta’sir ko’rsatadi va flavonoidlar SDG faolligiga ta’siriga kura quyidagi qatorni egalladi: kempferol>kempferol-7-O-ramnozid>afzelin>kempferitrin.

Mitoxondriyalar I kompleksi (NADH:ubixinon oksidoreduktaza, NADH-degidrogenaza) – bu mitoxondriyalar nafas zanjirining eng yirik multimer ferment kompleksi bo’lib, elektronlarni tashilishiga va ATF ishlab chiqarishni ta’minlash uchun mitoxondriyalar ichki membranasida protonlar gradiyentini hosil qiladi. Mitoxondriyalar I kompleksi nafas zanjiri III va IV komplekslari bilan superkompleks holatda mavjud bo’lib, u zararlovchi KFSH asosiy manbai hisoblanadi. Ma’lumki, mitoxondriyalar I kompleksi nafas zanjirida elektronlarni oksidativ metabolizmga kirituvchi asosiy punkt bo’lganligidan yadro va mitoxondriya genomidagi turli mutatsiyalar NADH-degidrogenaza disfunksiyasiga olib kelib, turli patologiyalarni rivojlanishiga sabab bo’ladi.

Flavonoidlar esa turli kasalliklarda rivojlanuvchi erkin radikallarni neytrallaydi. Shunga ko’ra, tadqiqotlarda kalamush jigar mitoxondriyalari NADH-degidrogenaza fermenti faolligiga kempferol hamda uning glikozidlarining ta’siri o’rganildi.

Tajribalar vazni 200-220 g bo’lgan zotsiz oq kalamushlarda olib borildi. Kalamush jigari mitoxondriyalari differensial syentrifugalash usuli bo’yicha ajratildi. Ajratish muhiti tarkibi: 250 mM saxaroza, 10 mM tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 7,4. Mitoxondriyalarda oqsil miqdori biuret usuli bilan aniqlandi. Mitoxondriyalarning NADH-degidrogenaza faolligi fotometrik usulda 420 nm to’lqin uzunligida 25°C 5 minut davomida optik zichlikning o’zgarishi natijasida aniqlandi. Mitoxondriyalar NADH-degidrogenaza fermenti faolligi aniqlash uchun inkubatsiya muhiti tarkibi (mM da): tris-HCl – 100, NaN<sub>3</sub> – 1, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] – 0.1–0.2, NADH – 0.27. Kyuveta hajmi 3 ml.

Olingan natijalarga ko’ra, flavonoidlar ferment faolligini konsentratsiyaga bog’liq ravishda turlicha ingibirlashi aniqlandi. Xususan, kempferol flavonoidi NADH-degidrogenaza faolligini 10 mkM konsentratsiyada 59,68±2,8% ga va 50 mkM konsentratsiyada esa 84,75±1,85% gacha ingibirlashi aniqlandi. Shuningdek, kempferol-7-O-ramnozid flavonoidi 10 mkM konsentratsiyasi ta’sirida ferment faolligi 54,82±2,1% ga va 50 mkM konsentratsiyasi ta’sir ettirilganda esa 72,3±3,1% gacha ingibirlashi ma’lum bo’ldi. Kempferol glikozidi hisoblangan keyingi flavonoidlar kempferitrin hamda afzelin ferment faolligiga nisbatan sustroq ta’sir qilishi aniqlandi. Kempferitrinning 50 mkM konsentratsiyasi ta’sirida ferment faolligi 40,5±2,03% ga, 200 mkM konsentratsiyasi ta’sirida esa 51,1±1,13% gacha ingibirlanishi ma’lum bo’ldi. Afzelinning 10 mkM konsentratsiyasi ta’sirida ferment faolligi 33,79±1,9% ga va 50 mkM konsentratsiyasida esa 41,86±1,9% ga ingibirlanishi aniqlandi.

Olingan natijalardan ma’lum bo’ldiki, kalamush jigar mitoxondriyalari NADH-degidrogenaza faolligiga kempferol flavonoidi glikozidlariga nisbatan kuchliroq ingibirlovchi ta’sir ko’rsatgan ekan.

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

So‘nggi paytda butun dunyoda aholi sonini tez sur‘atlarda ortib borayotganligi va dehqonchilik qilinadigan yerlarni kamayishi natijasida ularni oziq-ovqat mahsulotlari bilan yetarli darajada ta‘minlash zarurdir. Ushbu turdagi muammoni hal etishda qishloq xo‘jaligi ekinlaridan yuqori darajada sifatli hosil olishda qo‘llaniladigan kimyoviy birikmalardan, jumladan ozuqa komponentlari yuqori va ftor miqdori kam bo‘lgan mineral o‘g‘itlardan unumli foydalanish zarurdir. Bunda qishloq xo‘jaligi ekinlarini ozuqa komponentlari yuqori va ftor miqdori kam bo‘lgan o‘g‘itlar bilan yetarli darajada ta‘minlash va ularni turini kengaytirish muhim ahamiyat kasb etadi. Past sifatli fosforitlardan ftor miqdori kam bo‘lgan ekstraksiyon fosfat kislotasi (EFK) va uning asosida ozuqa komponentlari yuqori bo‘lgan oddiy va kompleks o‘g‘itlar ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish dolzarb vazifa bo‘lib hisoblanadi.

**Fosfat xom-ashyolarini tavsiflari:** Ma‘lumki, fosfat xom ashyolari asosan ikki turga bo‘linadi: birinchisi-apatit rudalari va ikkinchisi esa fosforit rudalaridir. Xom ashyodagi fosfor umumiy formulasi  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaX_2$  bo‘lgan apatit minerali ko‘rinishida bo‘ladi, bu yerda X-ftor, xlor va gidroksil guruhi yoki ikkalasi almashgan holda bo‘lishi mumkin. Fosfat qismidagi kalsiy izomorf holda stronsiy, siyrak yer elementlari, natriy va boshqa elementlar bilan almashgan bo‘lishi ham mumkin. Fosfat anioni esa sulfat yoki silikat anionlariga almashgan holda bo‘lishi mumkin. Ammo tabiatda kalsiyftorapatit  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$  yoki  $Ca_5(PO_4)_3F$ , hamda gidroksilapatit  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$  yoki  $Ca_5(PO_4)_3OH$  eng ko‘p tarqalgan.

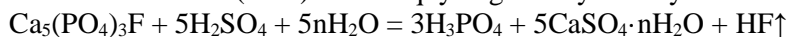
Apatit rudalarida fosfor tutgan mineral asosan ftorapatitdan va qisman gidroksilapatit hamda izomorf almashgan shakllardan iborat bo‘ladi. Apatit rudalarida apatit mineralidan tashqari nefelin ( $Na, K$ ) $AlSiO_4 \cdot nSiO_2$ , piroksenlar – egirin  $NaFe(SiO_3)_2$  va boshqalar, bundan tashqari titanomagnetit  $Fe_3O_4 \cdot FeTiO_3 \cdot TiO_2$ , ilmenit  $FeTiO_3$ , sfen  $CaTiSiO_5$ , dala shpatlari, qora slyuda va evdialit bo‘ladi. Fosforit rudalarida fosfor ftorapatit  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$ , gidroksilapatit  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$ , karbonatapatit  $Ca_{10}P_5O_{23}(OH)_3$ , frankolit  $Ca_{10}P_5O_{23} \cdot 2F_2$  va kurskit  $Ca_{10}P_4O_{22} \cdot 8F_2(OH)_{1,2}$  ko‘rinishida bo‘ladi. Fosforit rudalari tarkibiga quyidagi qo‘shimchalar bo‘lishi mumkin:  $[(R_2O+RO) \cdot R_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O]$  turidagi glaukonit, bu yerda  $R_2O - Na_2O$  va  $K_2O$ ,  $RO - MgO$ ,  $CaO$  va  $FeO$ ,  $R_2O_3 - Fe_2O_3$  va  $Al_2O_3$ , limonit  $Fe_2(OH)_6 \cdot Fe_2O_3$ , kalsit  $CaCO_3$ , dolomit  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ , magnezial silikatlar  $Mg_2SiO_4$ , kaolin  $H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$ , pirit  $FeS_2$ , dala shpatlari, kvars, granit va boshqalar hamda organik moddalar.

Fosforit konlari asosan dengiz suvlaridan fosfatlarni cho‘kishi tufayli paydo bo‘ladi. Turlari bo‘yicha ular: qatlamli, shishli(jelvak), donadorli va chig‘anoqli bo‘ladi.

### **Fosfat xom-ashyolaridan ekstraksiyon fosfat kislotasi olish usullari.**

#### **Ekstraksiyon fosfat kislotasi (EFK) olish texnologiyasi an’anaviy suyuq fazali usullari**

Tabiiy fosfatlarning kislotalar bilan parchalanishidan fosfor kislotasi va kalsiyning tegishli tuzlari hosil bo‘ladi. Kalsiyli tuzlari suvda yaxshi eriydigan kislotalar (masalan, nitrat yoki xlorid kislotasi) ishlatilganda olingan eritmalarni o‘g‘itga aylantirish, o‘simliklar tomonidan o‘zlashmaydigan yoki qiyin o‘zlashadigan fosfatli birikmalarga aylanishiga olib keladigan kimyoviy o‘zgarishlarni oldini olish uchun kalsiyning bir qismini ajratib olish yoki bog‘lash orqali amalga oshiriladi. Hozirgi kunda fosfat xom ashyolardan ekstraksiyon fosfat kislotasi olishning eng ko‘p tarqalgan usullardan biri bu sulfat kislotali ekstraksiya qilish usulidir. Fosfatlarni sulfat kislotali parchalashda ajraladigan suvda kam eruvchi kalsiy sulfat qattiq fazaga o‘tadi; o‘g‘it tarkibida ballast (keraksiz qo‘shimcha) sifatida qatnashishi yoki eritmadan ajratib olinishi mumkin. Birinchi holatda oddiy superfosfat, ikkinchisida esa ekstraksiyon fosfat kislotasi olinadi. Tabiiy fosfatlar sulfat kislotasi bilan ishlov berilganda, ftorapatitdan ekstraksiyon fosfat kislotasi (EFK) olishda quyidagi asosiy reaksiya sodir bo‘ladi:



n ning miqdoriga qarab ushbu usul uch xil sharoitda olib boriladi: angidridli ( $n=0$ ); yarim gidratli ( $n=1,5$ ) va digidratli ( $n=2$ ) (eng ko‘p qo‘llaniladi). Asosiy reaksiyadan tashqari bir vaqtda fosfatli xom ashyo tarkibidagi boshqa minerallar: kalsit, dolomit, temir- va alyumosilikatlar ham parchalanadi.

Masalan:  $CaMg(CO_3)_2 + 2H_2SO_4 + (n-2)H_2O = CaSO_4 \cdot nH_2O + MgSO_4 + 2CO_2 \uparrow$ . Hosil bo‘lgan EFKdan turli darajadagi fosforli va kompleks o‘g‘itlar olish mumkin.

#### **Klinker usulida ekstraksiyon fosfat kislotasi olish texnologiyasi**

Klinker usulida ekstraksiyon fosfat kislotasi (EFK) olish texnologiyasi an’anaviy suyuq fazali usullardan farq qilib, asosan fosfat xom ashyosini yuqori haroratda qayta ishlashga asoslangan. Bu usul ko‘pincha “quruq” yoki yarim quruq texnologiyalar turkumiga kiradi.

Quyida ushbu texnologiyaning asosiy bosqichlari va o‘ziga xos xususiyatlari keltirilgan:

#### **Texnologik jarayonning asosiy bosqichlari**

Klinker usuli fosfat xom ashyosi yoki uning konsentratini konsentrlangan sulfat kislotasi bilan “qattiq” fazada aralashtirib, so‘ngra maxsus pechlarda klinkerlash (qizdirish) jarayonini o‘z ichiga oladi.

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

Fosforit xom ashyosi va konsentrlangan sulfat kislotasi ma’lum nisbatda aralashtirgichga uzatiladi. Hosil bo‘lgan aralashma aylanma pechlarga yoki klinkerlash tasmalariga yuboriladi. Bu yerda harorat 200-300°C gacha ko‘tariladi. Bu bosqichda kalsiy sulfatning suvsiz shakllari (angidrid) hosil bo‘ladi. Hosil bo‘lgan g‘ovakli massa (klinker) suv yoki aylanma kislotasi bilan yuviladi. Pishgan klinker tarkibidagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> suvda oson eriydigan shaklga o‘tadi. So‘ngra fosfat kislotasi eritmasi qattiq qoldiqdan (fosfogipsdan) ajratib olinadi.

### **Klinker usulining afzalliklari**

An’anaviy digidrat yoki yarimgidrat usullariga qaraganda klinker usuli bir qancha texnik ustunliklarga ega:

Yuqori konsentratsiya: Olinadigan kislotasi tarkibidagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori ancha yuqori (40-50% gacha) bo‘ladi, bu esa keyinchalik bug‘latish (konsentrlash) harajatlarini kamaytiradi.

Filtrlash tezligi: Klinker tarkibidagi kalsiy sulfat yirik kristallar shaklida bo‘lgani uchun filtrlash jarayoni juda tez amalga oshadi.

Xom ashyo tanlamasligi: Bu usul tarkibida temir va alyuminiy oksidlari ko‘p bo‘lgan fosforitlarni qayta ishlashda samaraliroqdir.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Ангелов А.И., Левин Б.В., Классен П.В. Мировое производство и потребление фосфатного сырья // Горный журнал. - Москва, 2003. - №4-5. - С. 6-11.

2. Позин М.Е. Технология минеральных солей. В 2-х т. - Ленинград: Химия, 1970. - Т.2. - 1558 с.

3. Фосфор - «элемент жизни», его возрастающая роль для человечества // Фосфаты на рубеже XXI века. - Москва, Алматы, Жанатас, 1996. - 108 с.

4. Ратобыльская Л.Д., Бойко Н.Н., Кожевников А.О. Обогащение фосфатных руд. - М.: Недра, 1979. - 261 с.

5. Беглов Б.М., Намазов Ш.С. Фосфориты Центральных Кызылкумов. - Ташкент: ФАН, 2013. - 460 с.

6. Гафуров К., Шамшидинов И. Минерал ўғитлар ва тузлар технологияси. Дарслик. Т., «Фан ва технология», 2007й., 352 б