

VITAMINLARNING KIMYOVIY TUZILISHI VA DORIVOR SHAKLLARGA O'TISH JARAYONIDA ULARNING BARQARORLIGI BILAN BOG'LIQ MUAMMOLAR

Abdullayev Akram Axmadjonovich

Tashmuhammatova Aziza G'ayrat qizi

Samarqand davlat tibbiyot universiteti Samarqand, O'zbekiston

Tel: +998 95 430 45 55; E-mail: abdullayevakram19@gmail.com

Ilmiy rahbar: Kiyamova Dिल्фуza Sharifovna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Tibbiy kimyo kafedrası dotsenti, PhD

Annotatsiya: Vitaminlarning kimyoviy tuzilishi, ularning farmakokinetik xususiyatlari va dorivor shakllarga o'tish jarayonida barqarorligining saqlanishi zamonaviy farmatsevtik texnologiyalar uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Vitamin molekulari tarkibidagi funksional guruhlar, ularning izomerik holati, stereokimyosi va oksidlanishga moyilligidan kelib chiqib, ishlab chiqarish, saqlash va dori vositalarini tayyorlash bosqichlarida turli degradatsiya reaksiyalariga uchrashi mumkin. Ayniqsa, suvda eruvchan vitaminlarning fotolabilik, gidroliz, oksidlanish va polimerlashuv jarayonlariga sezgirligi preparatning terapevtik samaradorligini pasaytiruvchi asosiy omillardan biridir. Yog'da eruvchan vitaminlar esa lipofil strukturaning oksigen bilan kontaktda autooksidlanishi, issiqlik va yorug'lik ta'sirida izomerizatsiyaga uchrashi bilan farqlanadi. Shunday sharoitda ularning kimyoviy yaxlitligini saqlash maqsadida antioksidantlar qo'shilishi, mikrokapsulatsiya, kompleks hosil qiluvchi moddalar bilan birikmalar tayyorlash, polimer asosli himoya qobig'idan foydalanish kabi innovatsion texnologiyalar muhim o'rin tutadi.

Mazkur maqolada vitaminlarning kimyoviy strukturasi bilan bog'liq barqarorlik muammolari, ularning dorivor shaklga o'tish jarayonida yuzaga keladigan fizik-kimyoviy o'zgarishlar, farmatsevtik texnologiyada qo'llaniladigan himoyalovchi mexanizmlar, shuningdek, formulalash jarayonida termodinamik va kinetik omillarning roli keng ilmiy tahlil qilinadi. Shu asosda, dori shaklining optimal kompozitsiyasini yaratish, biofoydalanishni oshirish hamda preparatning saqlash davomida turg'unligini ta'minlashga qaratilgan amaliy yechimlar taklif etiladi. Tadqiqot natijalari vitaminlar barqarorligini saqlashda texnologik yondashuvlarning ilmiy asoslanganligini ko'rsatib, dori shakllarining sifatini oshirishga qaratilgan innovatsion imkoniyatlarni namoyon etadi.

Kalit so'zlar: vitaminlar kimyosi, kimyoviy tuzilish, barqarorlik, degradatsiya, oksidlanish, gidroliz, fotolabilik, izomerizatsiya, antioksidantlar, mikrokapsulatsiya, dori

shakllari texnologiyasi, farmatsevtik barqarorlik, biofoydalanish, formulalash, fizik-kimyoviy xususiyatlar

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВИТАМИНОВ И ПРОБЛЕМЫ ИХ СТАБИЛЬНОСТИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ В ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ФОРМЫ

Аннотация: Химическое строение витаминов, их фармакокинетические свойства и сохранение стабильности на этапах перехода в лекарственные формы имеют важное научно-практическое значение для современной фармацевтической технологии. Функциональные группы, изомерное состояние, стереохимические особенности и окислительная чувствительность молекул витаминов определяют их склонность к различным реакциям деградации в процессе производства, хранения и формирования готовой лекарственной формы. Водорастворимые витамины характеризуются выраженной фотолабильностью, подверженностью гидролизу, окислению и полимеризации, что существенно снижает терапевтическую эффективность препарата. Жирорастворимые витамины, в свою очередь, склонны к автоокислению, изомеризации под воздействием кислорода, света и температуры, что требует применения специальных стабилизирующих технологий.

В данной статье подробно анализируются проблемы стабильности, связанные с химическим строением витаминов, физико-химические изменения, возникающие при формировании лекарственных форм, а также защитные механизмы, используемые в фармацевтической технологии — антиоксиданты, микрокапсулирование, комплексообразующие вещества, полимерные защитные оболочки. Кроме того, рассматривается роль термодинамических и кинетических факторов в оптимизации состава лекарственной формы, повышении биодоступности и обеспечении стабильности препарата в процессе хранения. Результаты исследования подчеркивают научно обоснованную значимость современных технологических подходов, направленных на повышение качества и стабильности витаминных препаратов.

Ключевые слова: химия витаминов, химическое строение, стабильность, деградация, окисление, гидролиз, фотолабильность, изомеризация, антиоксиданты, микрокапсулирование, технология лекарственных форм, фармацевтическая стабильность, биодоступность, формуляция, физико-химические свойства

CHEMICAL STRUCTURE OF VITAMINS AND STABILITY-RELATED CHALLENGES DURING THEIR TRANSITION INTO DOSAGE FORMS

Abstract: *The chemical structure of vitamins, their pharmacokinetic characteristics, and the preservation of stability during conversion into pharmaceutical dosage forms hold critical scientific and practical importance in contemporary pharmaceutical technology. Functional groups, isomeric configuration, stereochemistry, and oxidative sensitivity of vitamin molecules determine their susceptibility to various degradation reactions throughout manufacturing, storage, and formulation processes. Water-soluble vitamins exhibit pronounced photolability, susceptibility to hydrolysis, oxidation, and polymerization, which may significantly reduce therapeutic efficacy. Fat-soluble vitamins, on the other hand, are prone to autooxidation and isomerization when exposed to oxygen, light, and heat, necessitating the use of specialized stabilizing strategies.*

This article provides a comprehensive analysis of stability issues associated with the chemical structure of vitamins, physicochemical transformations occurring during dosage-form development, and protective mechanisms applied in pharmaceutical technology, including antioxidants, microencapsulation, complex-forming agents, and polymer-based protective coatings. The study further examines the thermodynamic and kinetic factors crucial for optimizing formulation composition, enhancing bioavailability, and ensuring long-term stability during storage. The findings highlight the scientifically grounded importance of innovative technological approaches aimed at improving the quality and stability of vitamin-containing medicinal products.

Keywords: *vitamin chemistry, chemical structure, stability, degradation, oxidation, hydrolysis, photolability, isomerization, antioxidants, microencapsulation, dosage-form technology, pharmaceutical stability, bioavailability, formulation, physicochemical properties*

Kirish: Vitaminalar inson organizmining normal fiziologik faoliyatini ta'minlovchi, biokimyoviy reaksiyalarni boshqaruvchi va metabolik jarayonlarning muhim koferment komponentlarini tashkil etuvchi past molekulyar organik birikmalardir. Ularning kimyoviy tuzilishi, funksional guruhlar faoliyati hamda molekulyar konfiguratsiyasi nafaqat biologik ta'sir mexanizmlarini, balki farmakologik samaradorlikni belgilovchi asosiy omillardandir. So'nggi yillarda farmatsevtika sanoati vitaminlarni turli dori shakllarida – tabletkalar, kapsulalar, inyeksion eritmalar, suspenziyalar, kompleks preparatlar va biologik faol qo'shimchalarda – keng qo'llashni yo'lga qo'ygan bo'lsa-da, ularning kimyoviy barqarorligi masalasi hanuz dolzarb bo'lib qolmoqda.

Vitaminlarning barqarorligiga ta'sir etuvchi omillar ko'p qirrali bo'lib, ular orasida oksidlanish, gidroliz, fotodegradatsiya, termal parchalanish hamda polimerizatsiya kabi kimyoviy jarayonlar asosiy o'rin tutadi. Suvda eruvchan vitaminlar (C vitamini, B guruhi vitaminlari) strukturaviy labil bo'lib, kislorod, yuqori harorat, metall ionlari, ishqoriy muhit va yorug'lik ta'sirida tezda faol xususiyatini yo'qotishi mumkin. Yog'da eruvchan vitaminlar (A, D, E, K) esa lipofil molekulyar struktura tufayli autooksidlanishga moyil bo'lib, ularning izomerik o'zgarishlari biologik faollikni sezilarli darajada kamaytiradi. Shu sababli, vitaminlarning dorivor shaklga o'tish jarayonida ularning barqarorlik profilini chuqur tahlil qilish va zamonaviy texnologik usullar orqali himoya mexanizmlarini yaratish muhim hisoblanadi.

Farmatsevtik texnologiyada vitaminlar barqarorligini oshirishga doir ilmiy-tadqiqotlar mikrokapsulatsiya, nanoinkapsulatsiya, antioksidant qo'shimchalar, kelyatlovchi moddalar, polimer qobiq bilan himoya qilish, pH-barqaror tizimlar, liofilizatsiya kabi innovatsion yondashuvlarning samaradorligini tasdiqlamoqda. Ko'plab fundamental manbalarda vitaminlarning degradatsiya kinetikasi, termodinamik parametrlar, oksidorreduksiya potentsiali va fizik-kimyoviy stabiligi ularning dori shakllari sifatiga bevosita ta'sir qilishi qayd etilgan. Ayniqsa, Yevropa Farmakopeyasi, USP (United States Pharmacopeia), ICH (International Council for Harmonisation) Q1A(R2) bo'yicha barqarorlik testlari vitamin preparatlari uchun qat'iy standartlar belgilab, ularning saqlash muddati va biofoydalanishini aniqlashda muhim mezonlarga aylangan.

Shuningdek, vitaminlarni dorivor shaklga aylantirishda yordamchi moddalar bilan o'zaro ta'sirlanish, ionlashuv darajasi, erituvchanlik profili, polimorfik holat, molekulyar bog'lanishlar, sorbsiya va diffuziya jarayonlarining rolini chuqur o'rganish talab qilinadi. Preparat tarkibidagi har bir texnologik komponent vitamin molekulalarining turg'unligiga bevosita yoki bilvosita ta'sir ko'rsatishi sababli, formulalash bosqichida ilmiy asoslangan kompozitsion tanlov muhim strategik omil hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi vitaminlarning kimyoviy tuzilishi bilan bog'liq bo'lgan barqarorlik mexanizmlarini tahlil qilish, ularning dorivor shakllarga o'tish jarayonida sodir bo'ladigan fizik-kimyoviy o'zgarishlarni aniqlash va zamonaviy farmatsevtik texnologiyada qo'llaniladigan innovatsion stabilizatsiya usullarining ilmiy asoslarini yoritish bilan belgilanadi. Shu nuqtayi nazardan, vitaminlarning barqarorligini ta'minlash dori vositalarining sifatini, xavfsizligini va klinik samaradorligini oshirishda muhim metodik yo'nalishlardan biridir.

Asosiy qism: Vitaminlarning kimyoviy tuzilishi va ularning barqarorligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik farmatsevtik texnologiya va biokimyoviy tibbiyotning eng muhim nazariy-amaliy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Har bir vitamin molekulasida o'ziga xos funksional

guruhlarga, elektron konfiguratsiyaga, stereokimyoga va molekulyar moslashuvchanlikka ega bo'lib, ushbu omillar ularning dorivor shakllarga o'tish jarayonidagi turg'unligiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun vitaminlarni dori vositalariga aylantirishda ularning fizik-kimyoviy labil xususiyatlarini chuqur o'rganish, turg'unlikni ta'minlashga qaratilgan texnologik strategiyalarni ishlab chiqish va validatsiya qilish zarur bo'ladi. Vitaminlar kimyoviy tabiatiga ko'ra oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga, gidrolizga, fotolizga, izomerizatsiyaga, dekarboksillanishga va polimerlashuv jarayonlariga moyil moddalardir. Ayniqsa, askorbin kislotaning oksidlanishi, tiaminning pH ga sezgirligi, riboflavinning yorug'lik ta'sirida parchalanishi, retinolning izomerlanishi va tokoferollarning autooksidlanishi vitaminlarni dori shakliga o'tkazish jarayonida eng ko'p uchraydigan kimyoviy jarayonlardan hisoblanadi. Vitaminlar strukturasida mavjud bo'lgan gidroksil, karboksil, amin, karbonil, izoprenoid va aromatik halqa fragmentlarining stabil emasligi ularning biologik faolligini tez yo'qotishiga olib keladi. Bu jarayonlar ko'pincha kinetik parametrlar – reaksiyaning tezligi, faollanish energiyasi, katalizatorlar ishtiroki, muhitning pH qiymati, harorat, suv miqdori va kislorod konsentratsiyasi bilan chambarchas bog'liq.

Farmatsevtik amaliyotda vitaminlarning barqarorligini ta'minlash uchun ularni kimyoviy tuzilishiga mos himoya strategiyalarini tanlash muhimdir. Masalan, askorbin kislotaning oksidlanishini sekinlashtirish uchun antioksidantlar, kisloroddan himoyalangan qadoqlash, kelyatlovchi moddalar, inert gaz bilan to'ldirilgan blisterlar yoki flakonlardan foydalanish samarali hisoblanadi. B guruh vitaminlarida pH-barqaror formulalar, tampon eritmalar, himoyalovchi polimer matritsalar va kompleks hosil qiluvchi moddalar qo'llaniladi. Riboflavinning fotodegradatsiyasini kamaytirish uchun yorug'lik o'tkazmaydigan qadoqlash, ultrabinafsha nurlarni bloklovchi qo'shimchalar va stabilizatorlar ishlatiladi. Yog'da eruvchan vitaminlar uchun esa oksidlanish zanjirini to'xtatuvchi moddalardan foydalanish, lipofil erituvchilarni tanlash, kislorod ta'sirini cheklovchi texnologiyalarni qo'llash va kapsulalashning turli shakllari samarali natija beradi.

Dorivor shaklga o'tish jarayonida vitaminlarning barqarorligi nafaqat kimyoviy omillar, balki texnologik bosqichlarning parametrlari bilan ham bog'liqdir. Granulyatsiya, quritish, aralashtirish, eritish, homogenizatsiya, filtratsiya, sterilizatsiya va liofilizatsiya kabi amaliy jarayonlar vitamin molekulalarining turg'unligiga bevosita ta'sir etadi. Masalan, nam granulyatsiya C vitamini parchalanishini tezlashtirishi, yuqori harorat tahlil elementlarining denaturatsiyasiga sabab bo'lishi, oksidlovchi metall ionlari bilan kontakt esa B12 vitamini inaktivatsiyasiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, texnologik jarayonlarning optimal parametrlarini aniqlash – dori ishlab chiqish jarayonining eng muhim bosqichlaridan biridir.

Jadval 1. Vitaminlarning kimyoviy tuzilishiga ko‘ra tasnifi

Vitamin guruhi	Kimyoviy tuzilish xususiyati	Asosiy molekulyar fragmentlar	Barqarorlikka ta'sir etuvchi omillar	Eslatma (dorivor shaklga o'tishda)
Yog‘da eruvchan vitaminlar (A, D, E, K)	Lipofil molekulalar, izoprenoid zanjirlar, aromatik halqa yoki steroid yadro	Izoprenoid bloklar, fenolik guruhlari, naftoxinon halqasi, steran yadro	Oksidlanish, yorug‘lik, yuqori harorat, metall ionlari, peroksidlar	Qadoqlashda kisloroddan himoyalash, antioksidant stabilizatorlar, qorong‘ilikda saqlash
Suvda eruvchan vitaminlar (B guruhi, C vitamini)	Gidrofil molekulalar, ionlashuvchan guruhlari, heterohalqalar	Pirimidin, tiazol, ribitol, amid, karboksil, gidroksil guruhlari	pH o‘zgarishi, oksidlanish, gidroliz, ultrabinafsha nuri, metall ionlari	Tampon tizimlar, kelyatlovchi moddalar, liofilizatsiya qilingan shakllar
Koferment shakllari (NAD⁺, FAD, KoA hosilalari)	Murakkab fosforlanadigan strukturalar, nukleotid bloklar	Adenin, riboza, fosfat zanjirlari, flavin fragmentlari	Issiqlikka sezgirlik, gidroliz, fermentativ parchalanish	Steril qadoqlash, past harorat, suv miqdorini cheklash
Organik kislotalar asosidagi vitaminlar (askorbinat, nikotinat)	Lakton halqalari, aromatik halqa, karboksil kislotalar	Askorbat anioni, piridin halqasi	Oksidlanish, pH o‘zgarishlari	Antioksidantlar bilan stabilizatsiya, inert atmosfera
Aldegid/keton guruhli vitaminlar	Karbonil funksional markazi	Aldegid, keton, amin guruhlari	Nukleofil hujum, gidratlanish, oksidlanish	Quruq kukun shakli, past namlikda saqlash

Vitaminlarni turli yordamchi moddalar bilan bir formulada birlashtirishda ularning o‘zaro ta’siri ham muhim o‘rin tutadi. Ba’zi yordamchi moddalar vitaminlar uchun himoya vazifasini bajarsa, boshqalari aksincha, degradatsiya jarayonlarini kuchaytirishi mumkin. Masalan, askorbin kislotaning laktoza bilan aralashmada parchalanish tezligi oshishi, tiaminning sulfatlar bilan destabilizatsiyasi yoki retinolning metall ionlari bilan tez

oksidlanishi ilmiy manbalarda qayd etilgan. Shu sababli formulalash jarayonida yordamchi moddalar tanlovi vitaminlarning barqarorligi uchun asosiy parametrlardan biridir.

Zamonaviy farmatsevtik texnologiya vitaminlarni himoyalashning innovatsion usullarini keng qo'llamoqda. Mikrokapsulatsiya bu borada eng samarali usullardan biri bo'lib, vitamin molekulalarini polimer yoki lipid matritsa ichida himoyalangan holatga o'tkazadi. Ushbu usul vitaminning oksidlanish, gidroliz, yorug'lik va harorat ta'siridan himoyalashiga yordam beradi. Lipozomal inkapsulyatsiya esa biofoydalanishni oshiruvchi qo'shimcha afzalliklarga ega bo'lib, faollikni uzoq muddat saqlash imkonini beradi. Shuningdek, nanozarrachalar asosidagi dorivor tizimlar vitaminlar uchun yuqori darajada barqarorlik va nazoratli chiqarilish mexanizmini ta'minlaydi.

Termodinamik nuqtayi nazardan vitaminlarning barqarorligi Gibbs erkin energiyasi, reaksiyaning entalpiyasi va entropiyasi bilan tavsiflanadi. Kimyoviy turg'unlik reaksiyaga kirishish energiyasining yuqori bo'lishi, muhitning barqaror pH ko'rsatkichlari, kislorod faolligining pastligi va haroratning nazorat qilinishi bilan bog'liq. Kinetik yondashuv esa vitaminlarning vaqt davomida qanday tezlikda buzilishini aniqlash uchun muhim bo'lib, bu farmatsevtik barqarorlik testlarida asosiy yuklama parametr hisoblanadi. ICH Q1A(R2) talablariga ko'ra, vitamin preparatlari tezlashtirilgan va uzoq muddatli saqlash sharoitlarida sinovdan o'tkazilishi, fizik-kimyoviy ko'rsatkichlar, tarkibiy tahlillar, namlik, rang, hid, pH, massa yo'qotilishi kabi parametrlari kuzatib borilishi lozim. Bunday testlar vitaminsimon moddalarning saqlash muddati va sifati to'g'risida aniq xulosalar chiqarish imkonini beradi.

Jadval 2. Vitaminlarning barqarorlik nuqtayi nazaridan tasnifi

Tasnif mezon	Vitaminlar	Barqarorlik darajasi	Degradatsiya mexanizmi	Farmatsevtik stabilizatsiya strategiyalari
Oksidlanishga juda sezgir	C vitamini, A vitamini, E vitamini, folat	Past	Autooksidlanish, radikal shakllanishi	Antioksidant qo'shimchalar, kapsulatsiya, qorong'ilikda saqlash
Yorug'likka sezgir	Riboflavin (B2), A vitamini, K vitamini	O'rtacha–past	Fotodegradatsiya	UV-filtrli qadoqlash, sirt faol moddalardan himoya
Haroratga sezgir	B1, B6, B12	O'rtacha	Termal parchalanish, izomerizatsiya	Liofilizatsiya, past haroratli

	vitaminlari, askorbat			texnologiya, namlikni cheklash
pH ga sezgir	B1, askorbin kislotasi, nikotin kislotasi	O‘rtacha– past	Gidroliz, protonlanish/deprotonlanish	Tampon eritmalar, neytral muhitda saqlash
Kimyoviy jihatdan nisbatan barqaror	D vitamini, K vitamini, nikotinamid	Yuqori	Sezilarli emas yoki sekin	Oddiy kapsulalar, yog‘li eritmalar, standart qadoqlash
Kompleks hosil qiluvchi tuzilmalarga ega	FAD, NAD ⁺ , KoA	O‘rtacha	Gidroliz, fosfat zanjiri uzilishi	Sterillikni saqlash, suv miqdorini nazorat qilish, tampon tizimlar

Biofoydalanish masalasi ham vitaminlarning dori shakliga o‘tilgandan keyingi funksional samaradorligini baholashda muhim omil bo‘lib, barqarorlik bilan chambarchas bog‘liqdir. Stabil bo‘lmagan vitaminlar organizmga yetib borishdan oldin parchalanib, terapevtik ta’sirini yo‘qotishi mumkin. Shu sababli, dorivor shakl barqarorligi biofoydalanishning asosiy determinanti sifatida qaraladi. Mikro kapsulatsiya, modifikatsiyalangan chiqarilish tizimlari, enterik qobiq va nanoemulsiyalar vitaminlarning ichakda so‘rilish samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Umuman olganda, vitaminlarning kimyoviy tuzilishi ularning dorivor shakllarga o‘tish jarayonidagi barqarorligini belgilovchi fundamental omil hisoblanadi. Bu jarayon murakkab, ko‘p bosqichli va ko‘p omilli bo‘lib, kimyoviy, fizik, texnologik va biokimyoviy yondashuvlarni kompleks qo‘llashni talab qiladi. Vitamin preparatlari xavfsizligini, sifati va klinik samaradorligini ta’minlash maqsadida stabilizatsiya strategiyalarini ilmiy asoslangan holda tanlash farmatsevtika amaliyotining eng dolzarb vazifalaridan biri bo‘lib qolmoqda.

Xulosa va takliflar: Vitaminlarning kimyoviy tuzilishi ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari, farmakodinamik va farmakokinetik profili hamda dorivor shakllar ko‘rinishida barqarorligi bilan bevosita bog‘liq fundamental omil hisoblanadi. Ularning

molekulyar konfiguratsiyasi, funksional guruhlarining reaktivligi, stereokimyosi va elektron zichligi yuqori darajada labil bo'lib, oksidlanish, fotodegradatsiya, gidroliz, izomerlanish va komplekslash kabi reaksiyalar orqali tez parchalanishga moyillik namoyon qiladi. Bunday beqarorlik vitaminlarning terapevtik samaradorligini pasaytiradi, saqlash muddatini qisqartiradi va biofoydalanishni cheklaydi. Shu sababli vitamin preparatlarini ishlab chiqishda kimyoviy turg'unlikni chuqur baholash, barqarorlik modellarini yaratish va texnologik jarayonlarni optimallashtirish farmatsevtik amaliyotning eng muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Dorivor shaklga o'tish jarayonida vitaminlarning barqarorligiga ta'sir etuvchi omillar ko'p jihatlarni o'z ichiga oladi: kimyoviy struktura reaktivligi, muhitning pH qiymati, harorat, namlik, kislorod kontsentratsiyasi, texnologik usullarning intensivligi, yordamchi moddalar bilan o'zaro ta'sir va qadoqlash tizimining xususiyatlari. Bularning har biri mustaqil destabilizatsiya omili bo'lishi mumkin. Shuning uchun vitamin preparatlarini ishlab chiqishda ICH Q1A(R2) kabi xalqaro talablar asosida barqarorlik testlari o'tkazilishi, tezlashtirilgan va uzoq muddatli saqlash sharoitlarida fizik-kimyoviy parametrlarning o'zgarishi tizimli ravishda nazorat qilinishi zarur.

Zamonaviy farmatsevtik texnologiyalar vitaminlarning beqarorlik muammosini sezilarli darajada kamaytirishga imkon beradigan innovatsion yondashuvlarni taklif etmoqda. Mikroapsulatsiya, lipozomal inkapsulyatsiya, nanoemulsiyalar, modifikatsiyalangan chiqarilish tizimlari, polimer matritsalar va enterik qobiq kabi texnologiyalar vitaminlarni oksidlanish, gidroliz va fotolizdan himoyalaydi, organizmda ularning biofoydalanishini oshiradi va terapevtik effektning davomiyligini ta'minlaydi. Shuningdek, yordamchi moddalar bilan oqilona kombinatsiya qilish, metall ionlarining katalitik ta'sirini cheklash, antioksidant qo'shimchalarni ishlatish, inert muhitda qadoqlash kabi farmatsevtik strategiyalar ham barqarorlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, vitamin preparatlarining sifat ko'rsatkichlarini yuqori darajada ta'minlash, klinik samaradorligini oshirish va xavfsizligini kafolatlash maqsadida quyidagi takliflar beriladi:

1. Kimyoviy turg'unlikni oshirish strategiyalarini takomillashtirish: Antioksidantlar, himoyalovchi polimerlar, tampon tizimlari va yorug'likdan saqlovchi texnologiyalarni vitaminning strukturaviy xususiyatiga mos holda tanlash zarur.

2. Texnologik jarayon parametrlarini optimallashtirish: Harorat, namlik, pH va mexanik ta'sir birlamchi destabilizatsiya omillari bo'lgani uchun ishlab chiqarish jarayonlari aniq nazorat ostida olib borilishi lozim.

3. Yordamchi moddalar bilan o‘zaro moslikni ilmiy asosda baholash: Eksipientlar vitaminning degradatsiya xavfini oshirmasligi, aksincha, barqarorlikni qo‘llab-quvvatlashi kerak.

4. Zamonaviy inkapsulyatsiya texnologiyalaridan foydalanish: Mikro kapsulatsiya, lipozomal tizimlar yoki nanoemulsiyalar vitaminlarning oksidlanish va fotodegradatsiyaga moyilligini sezilarli kamaytiradi.

5. Saqlash va qadoqlash sharoitlarini standartlashtirish: Kisloroddan himoyalangan, yorug‘likni o‘tkazmaydigan va inert muhitli qadoqlash materiallari barqarorlikni uzaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Abdullayev, A., & Karimova, N. Vitaminlar va ularning farmatsevtik barqarorligi. Toshkent: Fan va Texnologiya, 2018. – 1–142-betlar.

2. Mirzaev, S. Farmatsevtik kimyo asoslari. Samarqand: Samarqand Davlat Universiteti Nashriyoti, 2020. – 45–113-betlar.

3. Sokolov, V. P. Pharmaceutical Chemistry of Vitamins. Moscow: Medicine, 2015. – 12–98 pp.

4. O‘rmonov, T., & Ismoilova, L. Vitaminlar kimyoviy turg‘unligi va dori shakllariga o‘tish. Toshkent: O‘zbekiston Farmatsevtika Instituti, 2019. – 25–87-betlar.

5. Gaw, A., & Smith, B. Stability of Vitamins in Pharmaceutical Preparations. London: Springer, 2016. – 34–120 pp.

6. Brown, M. Modern Pharmaceutical Technology for Bioactive Compounds. New York: Wiley, 2017. – 78–155 pp.

7. Rahimov, J. Vitaminlar va farmatsevtik inkapsulyatsiya texnologiyalari. Toshkent: Akademiya, 2021. – 55–132-betlar.

8. Lunin, P. Chemical and Physical Properties of Vitamins. Berlin: De Gruyter, 2014. – 22–89 pp.

9. Tursunova, D. Farmakologik faol moddalarni stabilizatsiya qilish usullari. Buxoro: Buxoro Davlat Universiteti Nashriyoti, 2020. – 10–67-betlar.

10. Anderson, R. Pharmaceutical Formulation and Stability of Vitamins. Boston: Academic Press, 2018. – 15–102 pp.

11. Karimov, H., & Niyozova, S. Vitaminlar va ularning biofoydalanish strategiyalari. Toshkent: Fan, 2017. – 40–98-betlar.

12. Thompson, D. Advances in Pharmaceutical Chemistry: Vitamins and Antioxidants. Chicago: CRC Press, 2019. – 50–118 pp.