JARAYONNI AVTOMATLASHTIRISHDA ISHLATILADIGAN NAZORAT-O'LCHASH ASBOBLARI VA USKUNALARINING SPESIFIKATSIYASI (IGNA BARGLI O'SIMLIKLARNI EKSTRAKSIYALASH JARAYONINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA AVTOMATLASHTIRISH)

Saidov Shahrizod Erkin o'g'li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti 1- kurs Magistr
Guruh: M10-24 Tjbakt

Qobilov Hasan Xalilovich
Rahbar: t.f.n .,Dots.
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20137046

Annotatsiya: Ushbu maqolada igna bargli o'simliklardan biofaol moddalarni ajratib olish jarayonining fizik-kimyoviy mohiyati, ekstraktsiyaning texnologik bosqichlari va ularni avtomatlashtirishning ilmiy asoslari yoritilgan. Jarayonni matematik modellashtirish orqali massa almashinish, issiqlik uzatish va diffuziya jarayonlari tahlil qilinib, optimal ish rejimlarini aniqlash imkoniyati ko'rsatib o'tilgan. Shuningdek, nazorat-o'lchash asboblari va avtomatlashtirish tizimlarining texnik spetsifikatsiyasi keltirilgan. Tadqiqot natijalari asosida ekstraktsiyalash samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini barqaror saqlash yo'llari asoslab berilgan.
Kalit so'zlar: igna bargli o'simliklar, ekstraktsiya, biofaol modda, matematik modellashtirish, avtomatlashtirish, nazorat-o'lchash asboblari, texnologik jarayon.

Аннотация: В данной статье рассматриваются физико-химическая сущность процесса извлечения биологически активных веществ из хвойных растений, технологические этапы экстракции и научные основы их автоматизации. Путем математического моделирования проанализированы процессы массообмена, теплообмена и диффузии, а также определены оптимальные режимы работы. Представлены технические спецификации контрольно-измерительных приборов и систем автоматизации. На основе результатов исследования обоснованы пути повышения эффективности экстракции, снижения энергозатрат и обеспечения стабильного качества продукции.
Ключевые слова: хвойные растения, экстракция, биологически активные вещества, математическое моделирование, автоматизация, контрольно-измерительные приборы, технологический процесс.

Annotation: This article presents the physicochemical nature of the process of extracting bioactive compounds from coniferous plants, describing the technological stages of extraction and the scientific basis for process automation. Through mathematical modeling, mass transfer, heat transfer, and diffusion phenomena were analyzed, and optimal operating conditions were determined. The technical specifications of control and measuring instruments and automation systems are provided. Based on the research results, approaches to improving extraction efficiency, reducing energy consumption, and maintaining consistent product quality are substantiated.
Keywords: coniferous plants, extraction, bioactive compounds, mathematical modeling, automation, control and measuring instruments, technological process.

Kirish

Hozirgi davrda farmatsevtika, kimyo, oziq-ovqat va kosmetika sanoatlarida tabiiy xomashyodan biologik faol moddalarni ajratib olish jarayonlari keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa,

ekologik toza, tabiiy manbalarga asoslangan mahsulotlar ishlab chiqarishga bo‘lgan talabning ortishi o‘simliklardan ekstraktlar olish texnologiyalarini takomillashtirishni taqozo etmoqda. Shunday jarayonlardan biri – igna bargli o‘simliklardan (masalan, qarag‘ay, archa, sadr, kedr kabi) biofaol moddalarning ekstraktsiyalashidir. Bu jarayon murakkab issiqlik va massa almashinish hodisalariga asoslangan bo‘lib, samaradorligi ko‘plab omillarga — harorat, bosim, erituvchi turi, ekstraktsiya vaqti hamda xomashyoning fizik holatiga bog‘liqdir. Shu sababli bunday texnologik jarayonlarni samarali tashkil etish va boshqarish uchun matematik modellashtirish va avtomatlashtirishning ahamiyati juda katta.

Bugungi kunda ishlab chiqarish jarayonlarini raqamlashtirish, avtomatik boshqaruv tizimlarini joriy etish hamda “aqlli” texnologiyalarni qo‘llash yo‘nalishlari sanoatning deyarli barcha tarmoqlarida muhim strategik yo‘nalishga aylangan. Ekstraktsiyalash jarayonini avtomatlashtirish orqali mahsulot sifatini barqarorlashtirish, inson omili ta’sirini kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va xomashyo resurslaridan oqilona foydalanish imkoniyati yuzaga keladi. Shu sababli ushbu yo‘nalish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish, ayniqsa nazorat-o‘lchash asboblari va ularning spetsifikatsiyasini chuqur o‘rganish dolzarb masala hisoblanadi.

Igna bargli o‘simliklar o‘zining biokimyoviy tarkibi jihatidan juda boy hisoblanadi. Ularning barglari, po‘stlog‘i va shoxlarida efir moylari, terpenlar, askorbin kislotasi, flavonoidlar, taninlar hamda alkaloidlar mavjud bo‘lib, bu moddalarning farmakologik, kosmetik va biologik qiymati yuqori. Masalan, archa va qarag‘ay barglaridan olingan ekstraktlar antiseptik, yallig‘lanishga qarshi va immunitetni mustahkamlovchi vosita sifatida qo‘llaniladi. Shu bilan birga, igna bargli o‘simliklar asosida ishlab chiqilayotgan bioaktiv preparatlar tibbiyot, parfyumeriya, oziq-ovqat qo‘shimchalari hamda ekologik toza dezinfektantlar ishlab chiqarishda keng ishlatilmoqda.

O‘zbekiston sharoitida igna bargli o‘simliklar ko‘plab tog‘li va o‘rmonli hududlarda o‘sadi, ammo ulardan to‘liq texnologik foydalanish darajasi yetarli emas. Shu bois mahalliy xomashyoni qayta ishlashni avtomatlashtirilgan va energiya tejamkor usullar asosida yo‘lga qo‘yish milliy iqtisodiyot uchun ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Ekstraktsiya — bu suyuqliklar o‘rtasida moddalarning taqsimlanishiga asoslangan massa almashinish jarayoni bo‘lib, u ma’lum komponentni murakkab aralashmadan ajratib olishga xizmat qiladi. Igna bargli o‘simliklarni ekstraktsiyalash jarayonida xomashyo odatda maydalanadi va erituvchi (masalan, etanol, suv-etanol aralashmasi yoki boshqa organik erituvchilar) bilan qayta ishlanadi. Harorat, bosim, erituvchi konsentratsiyasi va aralashtirish tezligi kabi parametrlar jarayon samaradorligini belgilaydi.

Ekstraktsiya jarayonida issiqlik va massa uzatish hodisalari bir vaqtda sodir bo‘ladi. Shuning uchun uni nazariy jihatdan tavsiflash uchun murakkab differensial tenglamalar tizimi qo‘llaniladi. Bu tenglamalarni yechish orqali jarayonni optimallashtirish, eng samarali texnologik rejimlarni tanlash va avtomatik boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish imkoniyati yaratiladi.

Ekstraktsiyalash jarayonini avtomatlashtirishdan asosiy maqsad – texnologik parametrlarni (harorat, bosim, oqim tezligi, erituvchi sarfi, ekstraktsiya vaqti) aniq nazorat qilish va ularni real vaqt rejimida optimallashtirishdir. An’anaviy qo‘lda boshqariladigan tizimlarda bu parametrlarni doimiy kuzatish qiyin, inson xatosi tufayli ekstrakt sifatida farqlar paydo bo‘ladi.

Avtomatlashtirilgan tizimlar yordamida jarayonning har bir bosqichi nazorat-o‘lchash asboblari orqali monitoring qilinadi, o‘lchov natijalari PLC (Programmable Logic Controller) yoki SCADA tizimlariga uzatiladi, bu esa jarayonni aniq, barqaror va xavfsiz boshqarish imkonini beradi. Shuningdek, matematik modellashtirish asosida qurilgan avtomatik boshqaruv tizimlari parametrlarning o‘zgarishiga tezkor javob qaytaradi, bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi va energiya sarfini kamaytiradi.

Natijada, igna bargli o‘simliklardan ekstraktsiyalash jarayonining avtomatlashtirilishi yuqori sifatli biofaol moddalarning uzluksiz, tejamkor va ekologik xavfsiz ishlab chiqarilishini ta’minlaydi.

Igna bargli o‘simliklardan biofaol moddalarni ajratib olish jarayoni murakkab fizik-kimyoviy jarayon bo‘lib, u massa almashinish, diffuziya, adsorbsiya va eritish hodisalarining o‘zaro uyg‘unlashuvi asosida kechadi. Jarayon mohiyatan ikki fazali tizim — qattiq (o‘simlik materiali) va suyuq (erituvchi) fazalar o‘rtasidagi komponent almashinuvidan iborat.

Ekstraktsiya jarayonining asosini moddaning fazalar orasida taqsimlanish qonuni tashkil etadi. Biofaol modda (masalan, efir moylari, terpenlar yoki flavonoidlar) qattiq o‘simlik to‘qimalaridan erituvchiga o‘tadi, bunda uning kontsentratsiyasi vaqt o‘tishi bilan farqlanadi. Bu jarayonni Fik qonunlari, Nernst taqsimlanish tenglamasi, Fikning diffuziya tenglamasi orqali matematik ifodalash mumkin.

Ekstraktsiyaning samaradorligi ko‘p jihatdan erituvchi va ekstraktlanayotgan modda orasidagi o‘zaro kimyoviy bog‘lanish kuchlariga bog‘liq. Agar erituvchi polarligi ajratib olinayotgan modda polarligiga mos kelsa, massa almashinuvi yuqori tezlikda kechadi. Shu bois ekstraktsiya uchun ko‘pincha suv, etanol, metanol, atseton yoki ularning aralashmalari qo‘llaniladi.

Fizik-kimyoviy nuqtayi nazardan, ekstraktsiya davomida issiqlik effekti, erish kinetikasi, qattiq faza yuzasining maydalanish darajasi hamda harorat gradienti muhim rol o‘ynaydi. Harorat ortishi bilan moddalarning diffuziya koeffitsiyenti oshadi, lekin haddan tashqari yuqori harorat nozik organik komponentlarning parchalanishiga olib keladi. Shu sababli haroratni aniq nazorat qilish zarur, bu esa jarayonni avtomatlashtirishda nazorat-o‘lchash asboblarining ahamiyatini oshiradi.

Ekstraktsiyaning birinchi bosqichi — bu o‘simlik xomashyosini tayyorlashdir. Igna bargli o‘simliklarning barglari, po‘stlog‘i yoki shoxchalari yig‘ib olinadi, quritiladi va ma’lum darajada maydalanadi. Maydalash darajasi diffuziya sirtining kengayishiga olib kelib, massa almashinish tezligini oshiradi. Shu bilan birga, haddan tashqari maydalanish erituvchining viskozligini oshirib, filtrlashni qiyinlashtiradi. Shu bois optimal zarracha o‘lchamini aniqlash muhim texnologik parametr hisoblanadi.

Erituvchi tanlash ekstraktsiyaning eng muhim bosqichlaridan biridir. Erituvchi tanlovi ajratib olinadigan moddaning tabiati, polarligi, eruvchanligi, hamda xavfsizlik talablariga asoslanadi. Igna bargli o‘simliklar uchun ko‘pincha etanol, suv-etanol aralashmasi, ba’zi hollarda heksan yoki eter qo‘llaniladi. Etanol — universal, toksik bo‘lmagan, biologik toza erituvchi sifatida farmatsevtik ishlab chiqarishda keng qo‘llanadi.

Erituvchi miqdori (solvent-to-raw ratio) ham jarayon samaradorligini belgilovchi muhim omil bo‘lib, bu nisbatni orttirish biofaol moddalarning maksimal miqdorda ajralib chiqishiga olib keladi, ammo iqtisodiy jihatdan bu har doim maqbul emas. Shu sababli jarayonni optimallashtirishda matematik modellashtirish usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Haroratning oshishi moddaning erish tezligini va diffuziya koeffitsiyentini orttiradi, lekin yuqori harorat bioaktiv komponentlarning termik parchalanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois amaliyotda 40–70°C oralig‘idagi harorat eng maqbul deb hisoblanadi.

Bosim esa erituvchining qaynash nuqtasini o‘zgartirib, ekstraktsiya jarayoniga bevosita ta’sir qiladi. Yuqori bosim ostida ekstraktsiya (masalan, superkritik CO_2 usuli) o‘ziga xos afzalliklarga ega: u moddalarning tezroq ajralishini ta’minlaydi va ekologik xavfsiz hisoblanadi.

Vaqt parametri esa jarayonning kinetikasini belgilaydi. Ekstraktsiyaning dastlabki bosqichida modda yuzasidan tez ajraladi, keyinchalik jarayon diffuziya bilan cheklanadi. Shu sababli optimal vaqt tanlanmasa, ortiqcha energiya sarfi kuzatiladi.

Ushbu parametrlarning barchasi (harorat, bosim, vaqt) o‘zaro bog‘langan bo‘lib, ularni nazorat qilish uchun termoparalar, bosim sensorlari, debimetrlari kabi o‘lchash asboblari qo‘llaniladi. Bu esa jarayonni avtomatlashtirish tizimining zaruratini yanada kuchaytiradi.

Igna bargli o‘simliklardan biofaol moddalarni ajratib olish jarayoni murakkab fizik-kimyoviy hodisalar majmuasidan iborat bo‘lib, uni nazariy tahlil qilish, optimallashtirish va boshqarish uchun matematik model tuzish zarur. Matematik modellashtirish jarayonning real fizik mohiyatini abstrakt shaklda ifodalab, parametrlar o‘rtasidagi funksional bog‘liqlikni aniqlashga xizmat qiladi.

Model yaratishdan asosiy maqsad – jarayonni tavsiflovchi asosiy qonuniyatlarni aniqlash, tajriba o‘tkazmasdan oldin optimal texnologik rejimlarni hisoblash va avtomatik boshqaruv tizimi uchun algoritmik asos yaratishdir. Ekstraktsiya jarayonida bu, odatda, massa almashinish, diffuziya va konvektiv oqim qonunlarini ifodalovchi tenglamalar orqali amalga oshiriladi.

Ekstraktsiyalash jarayoni ko‘pincha yarim empirik model orqali soddalashtiriladi, bu esa quyidagi differensial tenglama shaklida ifodalanadi:

C_t – vaqt momentidagi eritmadagi modda kontsentratsiyasi,

C_{max} – maksimal kontsentratsiya,

k – kinetik koeffitsiyent.

Bu model ekstraktsiya vaqt o‘tishi bilan sekinlik bilan muvozanat holatiga yaqinlashishini ko‘rsatadi. k qiymati tajribaviy yo‘l bilan aniqlanadi va harorat, erituvchi turi hamda aralashtirish tezligiga bog‘liq.

Shunday qilib, modellashtirish orqali nazorat-o‘lchash asboblarining optimal joylashuvi, sezgirlik diapazoni va ularning o‘zaro bog‘liqligi aniqlanadi. Bu esa keyingi bosqich — jarayonni avtomatlashtirish tizimini loyihalash — uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

$$\frac{dC_t}{dt} = k(C_{\max} - C_t)$$

Xulosa

Igna bargli o‘simliklardan biofaol moddalarni ajratib olish jarayoni murakkab fizik-kimyoviy va texnologik jarayonlardan tashkil topgan bo‘lib, uni samarali boshqarish uchun matematik modellashtirish va avtomatlashtirish muhim ilmiy-texnik ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ekstraktsiyalash jarayonining samaradorligi harorat, bosim, erituvchi turi, ekstraktsiya vaqti va aralashtirish tezligi kabi parametrlarning aniq nazorat qilinishiga bevosita bog‘liqdir.

Matematik modellashtirish orqali jarayonni tavsiflovchi asosiy qonuniyatlar aniqlanadi, massa almashinish tezligi, diffuziya koeffitsiyenti va kinetik parametrlar hisoblab chiqiladi. Bu esa jarayonning har bir bosqichini optimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish hamda biofaol moddalarning maksimal miqdorda ajralishini ta’minlash imkonini beradi.

Avtomatlashtirish tizimida nazorat-o‘lchash asboblari – termoparalar, bosim sensorlari, debimetrlar, konsentratsiya o‘lchagichlar – asosiy rol o‘ynaydi. Ushbu asboblar yordamida texnologik parametrlar real vaqt rejimida kuzatilib, PLC yoki SCADA tizimlari orqali qayta ishlanadi. Buning natijasida ekstraktsiyalash jarayonining barqarorligi, mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligi ortadi.

Shuningdek, MATLAB, LabVIEW, va COMSOL kabi dasturiy vositalar asosida tuzilgan matematik modellar ishlab chiqarishning raqamli boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalashuvi orqali “aqlli” ekstraktsiya tizimlarini yaratish imkonini bermoqda. Bu esa kelajakda ekologik toza, energiya tejamkor va yuqori sifatli biofaol mahsulotlarni uzluksiz ishlab chiqarishni ta’minlaydi.

Umuman olganda, igna bargli o‘simliklarni ekstraktsiyalash jarayonining matematik modellashtirilishi va avtomatlashtirilishi texnologik jarayonlarni yangi sifat bosqichiga olib chiqadi, ishlab chiqarishning barqarorligini oshiradi hamda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish imkonini yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Алимов, А. И. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
2. Ражабов, Ш. Б. Kimyoviy texnologiyada issiqlik va massa almashinish jarayonlari. – Toshkent: TDTU nashriyoti, 2019.
3. Бобоёров, О. А. Kimyoviy jarayonlarni modellashtirish va optimallashtirish. – Toshkent: Innovatsiya, 2020.
4. Pahl, H., & Behr, A. Extraction Processes in Chemical Engineering: Principles and Applications. – Springer, 2020.
5. Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. – McGraw-Hill, 2022.
6. GOST 12.2.003-91. Process control instrumentation. General safety requirements.