O‘SIMLIK MOYLARINI PRESSLASH, EKSTRAKSIYA QILISH VA RAFINATSIYALASH JARAYONLARINI OPTIMALLASHTIRISH

Matluba Isaqova Abduhalimovna

Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Jahonda oziq-ovqat va farmatsevtika sohasida ekologik toza mahsulotlarni ishlab chiqarish samaradorligini oshirish masalalari dolzarb hisoblanadi. Rivojlangan mamlakatlar ilmiy va oliy ta'lim muassasalarida ekstraksiya jarayonlarini boshqarish va optimallashtirish bo‘yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, Total Energies, Schneider Electric, Siemens, Emerson Electric, ABB, Rockwell Automation, Endress+Hauser kabi sanoat gigantlari, shuningdek, Massachusetts Institute of Technology (MIT) (AQSH), University of Cambridge (Buyuk Britaniya), ETH Zurich (Shveytsariya), Technical University of Munich (Olmoniya), University of Tokyo (Yaponiya), kabi nufuzli ilmiy markazlar ekstraksiya jarayonlarini boshqarish va optimallashtirish texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha izlanishlar olib borilmoqda. Ushbu maqolada paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini matematik modellashtirish orqali modda almashish jarayonlarini aniqlash va boshqarish, yog‘ olish jarayonlarining asosiy bosqichlari, jumladan, urug‘larni parchalash, yog‘ni siqib chiqarish va uni tozalash jarayonlari uchun holatni aniqlash va baholash algoritmlari, paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini baholash va optimallashtirish uchun hisoblash usullariga asoslangan boshqaruv tizimi ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: O‘simlik moyi, ekstraksiya, qattiq faza, tahlil, massa almashinuvi.

Аннотация. В мировом масштабе актуальной задачей является повышение эффективности производства экологически чистой продукции в пищевой и фармацевтической отраслях. В научных и высших учебных заведениях развитых стран проводятся широкомасштабные научные исследования, направленные на управление и оптимизацию экстракционных процессов. В частности, такие промышленные гиганты, как Total Energies, Schneider Electric, Siemens, Emerson Electric, ABB, Rockwell Automation и Endress+Hauser, а также ведущие научные центры, включая Massachusetts Institute of Technology (MIT, США), University of Cambridge (Великобритания), ETH Zurich (Швейцария), Technical University of Munich (Германия) и University of Tokyo (Япония), ведут активные исследования по разработке технологий управления и оптимизации процессов экстракции. В данной статье разработана система управления, основанная на вычислительных методах, для оценки и оптимизации процесса получения масла из хлопчатниковых семян посредством математического моделирования. Рассматриваются вопросы определения и управления

процессами массообмена, основные стадии получения масла, включая дробление семян, отжим масла и его очистку, а также разработка алгоритмов идентификации и оценки состояния указанных процессов.

Ключевые слова: Растительное масло; экстракция; твердая фаза; анализ; массообмен.

Annotation. Improving the efficiency of producing environmentally friendly products in the food and pharmaceutical industries is a pressing issue worldwide. In developed countries, extensive scientific research is being conducted in scientific and higher education institutions on the control and optimization of extraction processes. In particular, industrial giants such as Total Energies, Schneider Electric, Siemens, Emerson Electric, ABB, Rockwell Automation, and Endress+Hauser, as well as leading research centers including the Massachusetts Institute of Technology (MIT, USA), the University of Cambridge (UK), ETH Zurich (Switzerland), the Technical University of Munich (Germany), and the University of Tokyo (Japan), are actively engaged in developing technologies for the control and optimization of extraction processes. This article presents the development of a control system based on computational methods for evaluating and optimizing the cottonseed oil extraction process through mathematical modeling. The study focuses on identifying and controlling mass transfer processes, determining the main stages of oil extraction—including seed crushing, oil pressing, and purification—and developing algorithms for state identification and assessment of these processes.

Keywords: Vegetable oil; extraction; solid phase; analysis; mass transfer.

Kirish.

Hozirgi global sharoitda oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, atrof-muhit barqarorligi va qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan ehtiyojning ortib borishi o‘simlik moylarini samarali ajratib olish (ekstraksiya qilish) masalalariga ilmiy qiziqishni sezilarli darajada kuchaytirdi.

Ekstraksiyalash – bu eritma yoki qattiq jismlar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni maxsus suyuqlik (erituvchi) yordamida ajratib olish jarayoniga nisbatan aytiladi. Shuni alohida ta’kidlash kerakki, erituvchi aralashmada erimaydi, lekin ekstraksiyalanayotgan komponentni eritadi [1]. Ekstraksiyalanayotgan zarrachalariing tuzilishi, ya’ni ularniig o‘lchamlari, mikro-teshikchalarining xarakteri va kattaligi, shuninglek erituvchining ekstraksiyalanayotgan zarrachalarning xar biriga to‘liq va oson yetib borishi moyning to‘liq va tez ekstraksiyalab olinishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ekstraksiyalanayotgan maxsulotning qurilmaning ishchi xajmida xajmiy zichligi qanchalik katta bo‘lsa, ekstraktorning ishchi xajmi shunchalik to‘liq ishlatiladi, ishlab chiqarish unumdorligi xam oshadi [2]. Zarrachalarning geometrik shakli va

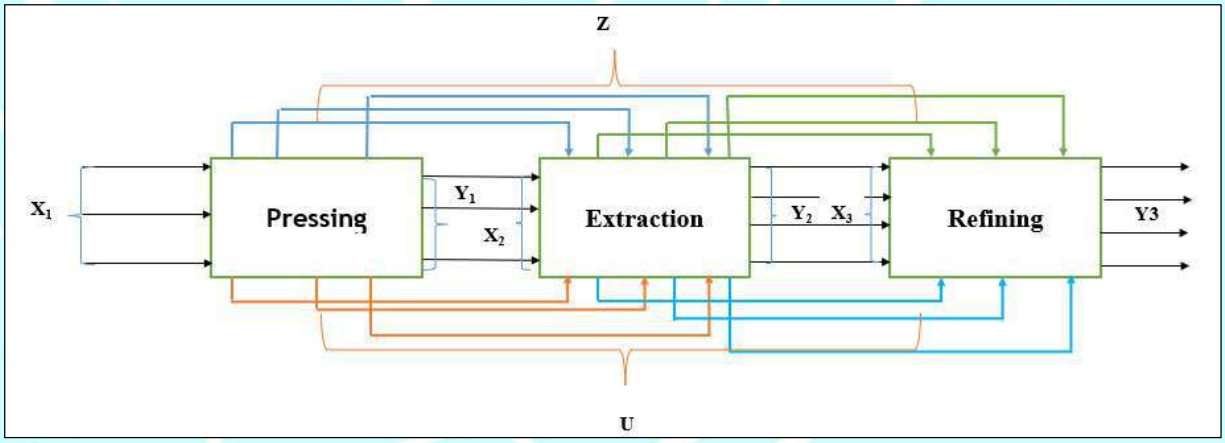
ISSN 3030-3907

o‘lchamlari zarrachalar qatlamining xarakteristikasi yoki tuzilishini ta’minlab, zarrachalarning xar biri bilan erituvchining tasirlashishini osonlashishiga olib keladi.

O‘simlik moylarini ekstraksiyalash jarayoni murakkab texnologik bosqichlardan iborat bo‘lib, har bir bosqichda turli komponentlar va kimyoviy formulalar ishtirok etadi.

2. Usullar

Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni modellashtirish va optimallashtirish usullari, texnologik o‘lchash usullari, avtomatik boshqarishning zamonaviy usullaridan foydalanilgan.



1-rasm. Axborot almashinuvi usulining strukturaviy sxemasi.

Bu yerda: x_1, x_2, x_3 -presslash, ekstraksiyalash va rafinatsiyalash jarayonlarining kiruvchi parametrlari, y_1, y_2, y_3 – chiquvchi parametrlar, z- g‘alayonlar, U – boshqaruv parametrlari.

Ushbu diagramma presslash, ekstraksiyalash va rafinatsiyalash jarayonlarini parametrlari bir-biri bilan uzviy bog‘liqligini ko‘rsatadi. Jarayonlarni matematik modellashtirish va optimallash masalalarini ko‘rib chiqamiz.

Qattiq fazali jismlarda kimyoviy va diffuzion jarayonlarning tezligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish uchun ularni sirt yuzini kattalashtirish orqali amalga oshirish sanoatda keng qo‘llaniladi [3,4]. Qattiq xom-ashyolarni parchalashni ko‘rsatkchi ularning maydalanish darajasi-ρ – bilan harakterlanib, qattiq jismni o‘rtacha diametrini – D parchalanish natijasida maydalangan bo‘lakchalarni o‘rtacha diametriga – **d** nisbati bilan belgilanadi, ya’ni:

$$\rho = D/d \qquad (1)$$

$$d = \sqrt[3]{l * h * Z} \qquad (2)$$

$$d_{o'rt} = \frac{(d_{max} + d_{min})}{2} \qquad (3)$$

$$d_{o'rt} = \frac{(\boldsymbol{d_{1\,o'rt} * C_1 + d_{2\,o'rt} * C_2 + \cdots + d_{n\,o'rt} * C_n})}{\boldsymbol{C_1 + C_2 + \cdots + C_n}} \qquad (4)$$

Yetarli darajada maydalanmay qolgan chigit bo‘lakalarini “yopiq sikl” texnologiyasi asosida transportyor yordamida presslash qurilmasiga qaytadan

ISSN 3030-3907

yuboriladi va u yerda qaytadan presslash orqali sirt yuzasini yanada oshirishga erishiladi.

“Yopiq sikl” texnologiyasiga asoslangan presslash jarayonini sxemasi Fig.2. da keltirilgan.

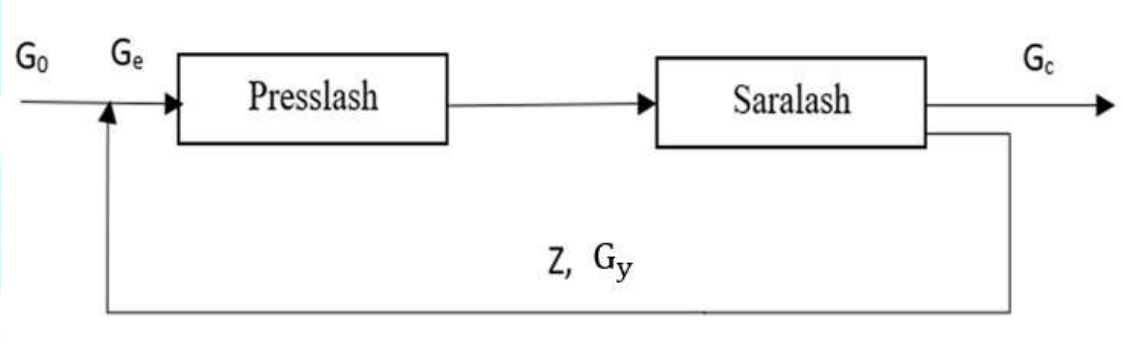


Figure 2. “ Yopiq sikl” asosida presslash –saralash jarayonini blok sxemasi:

G_0 –parchalanishga berilgan boshlang‘ich chigit miqdori, G_e - qayta parchalanadigan yirik chigit miqdori, Gc- chiqishdagi parchalanadigan chigit miqdori; Z- chigitni parchalanishga qaytarilgan qismi.

Yetarli darajada maydalanmay qolgan G^y- boshlang‘ich va qayta parchalanishga berilgan chiqit miqdorini Z qismini tashkil etadi ya’ni

$$G^y = G_e * Z \qquad (5)$$

Presslashga tushgan G_e ikki qismga ajratiladi:

$$Z_q + Z_c = Z; \quad Z = 1 \qquad (6)$$

bo‘lganligi uchun quyidagi balans tenglamasini tuzamiz

$$G_e = G_c(1-Z) + G^y * Z \qquad (7)$$

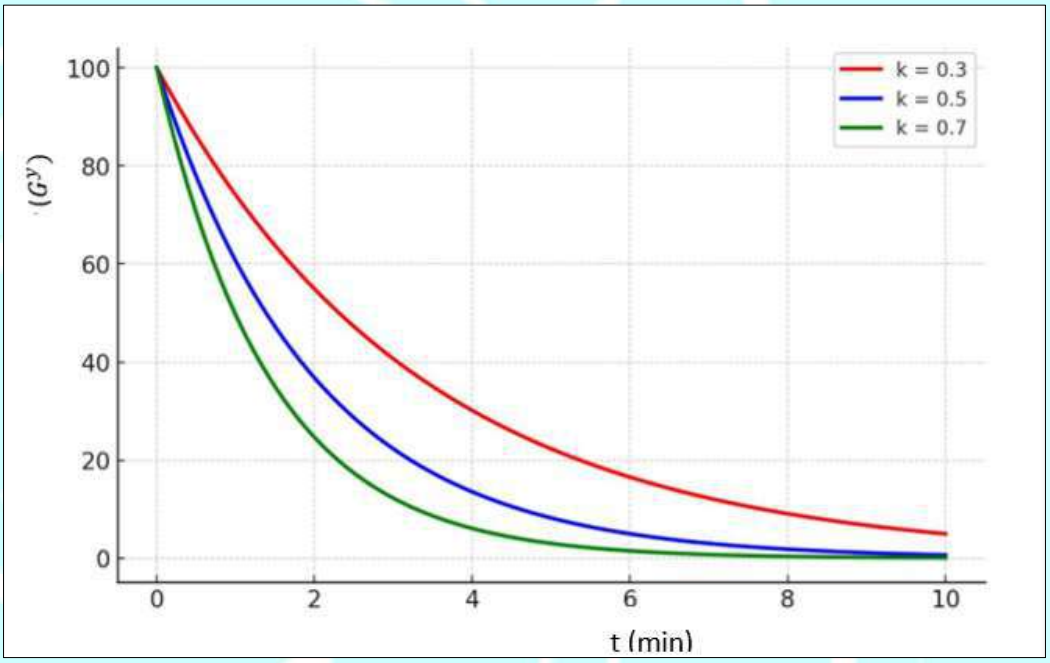
Parchalanishga tushgan boshlang‘ich chigit miqdoridan G_0 maydalanmay qolgan G^y qismi “Yopiq sikl” texnologiyasi asosida t- vaqt o‘tishi davomida quyidagi qiymatga ega bo‘ladi.

$$G^y = G_0 * e^{-kt} \qquad (8)$$

Bu yerda t – chigitni parchalanishga tushgan vaqtdan to saralanishgacha ketgan vaqti; k – presslash tezligi konstantasi; G_0 miqdoridagi o‘simlik urug‘ini presslash uchun ketgan vaqti – t presslash uskunasining quvvatiga – q va Z qayta parchalanish koeffitsiyentiga bog‘liq.

$$\begin{cases} d_{o'rt} = \dfrac{(d_{1\,o'rt} * C_1 + d_{2\,o'rt} * C_2 + \cdots + d_{n\,o'rt} * C_n)}{C_1 + C_2 + \cdots + C_n} \\ t = \dfrac{G_0}{G(1-Zc)} \\ G^y = G_0 * e^{-kt} \end{cases} \qquad (9)$$

ISSN 3030-3907



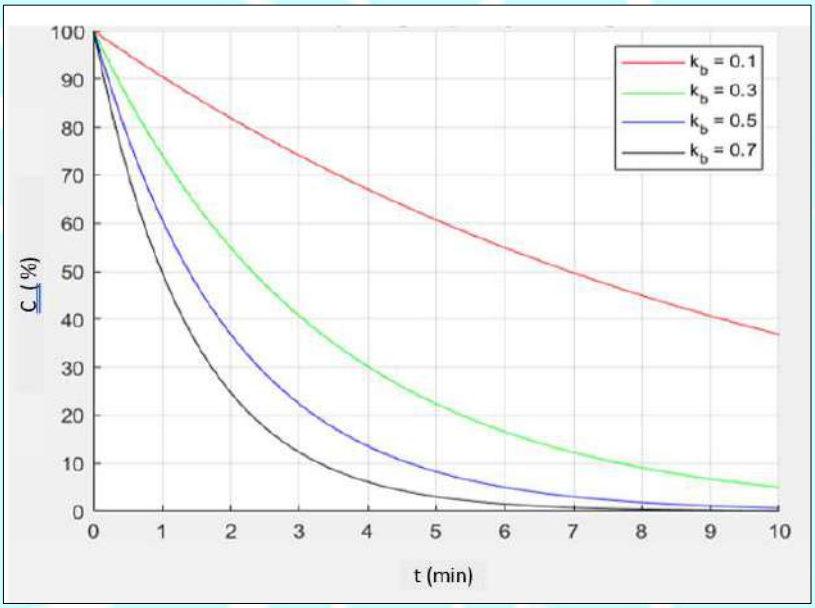
3-rasm. Maydalash jarayonining turli tezlik konstantalari bilan tavsifi

O‘simlik yog‘larini ekstraksiyalash jarayoni murakkab bo‘lib, ko‘p parametrli boshqaruv obekti hisoblanadi.

$$\begin{cases} \frac{dc_e}{d\tau} = \frac{1}{\tau_{o'rt}}[c_e^k - c_e^{ch}] \\ V_e * \rho_e \frac{dc_e}{d\tau} = Q_e * c_e - [Q_u^k + (1 - c_e^k) * Q_e]c_u^{ch} \\ Q_u^{ch} = Q_u^k - [1 + c_e^k]\, Q_e^k \\ \mathrm{M_{yog'}} = \mathrm{M_{mis}} * \mathrm{c_{yog'}} \\ Q_0 - Q_0 * c_0 = Q_{Sh} - Q_{Sh} * c \\ Q_{Sh} = Q_0 * \frac{1-c_0}{1-c} \\ Q_m = Q_0 * (c_0 - \frac{1-c_0}{1-c} * c) \\ \frac{dC}{d\tau} = \frac{1}{V_s\rho_s}(L_s(c_{e.b.k} - c_{e.ch.k}) + Q_m) \end{cases} \quad (10)$$

Yog‘ni ajratib olish jarayonining to‘liq matematik ifodasi chigitdan yog‘ni olishdagi biologik, fizik, modda va issiqlik almashinuv jarayonlarini hamda gidrodinamik oqim holatini ifodalovchi tenglamalar orqali sodir bo‘ladigan jarayonlarning matematik modellari quriladi. O‘simlik moylarini ekstraksiyalash jarayonini yanada takomillashtirish uchun uning matematik modelini qurish va uning yordamida yog‘ miqdorini oshirish ishlari oshiriladi. Kompyuter modellashtirish esa texnologik jarayonni boshqaruv parametrlarini tanlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907



4 - rasm. Modda konsentratsiyasining vaqt bo‘yicha kamayish dinamikasi

Parchalangan o‘simlik urug‘laridan yuqori konsentrasiyali va sifatli texnik yog‘ni ajratib olish uchun yuqoridagi o‘zgartirishlardan so‘ng ekstraksiya jarayonining quyidagi matematik modelini olishimiz mumkin: O‘simlik urug‘laridan texnik yog‘ni ajratib olish (ekstraksiyalash) jarayonini samarali amalga oshirish uchun jarayondagi ketma–ket yozaga keladigan har bir jarayonni matematik ifodasini aniq o‘rganish va analiz qilish optimallikka erishishning eng asosiy usuli hisoblanadi. Ishlab chiqilgan modulning qattiq va suyuq fazalar konsentrasiyasining o‘zgarishiga sezilarli ta'sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi.

3. Olingan natijalar va ularning tahlili.

O‘simlik moylarini olishda ishlatiladigan asosiy texnologik usullariga presslash, ekstraksiya va rafinatsiya jarayonlari hisoblanib mazkur usullarning samaradorligi ko‘plab texnologik va fizik-kimyoviy omillarga bog‘liq. Shu bois, ushbu jarayonining matematik modeli asosida optimallash masalasini yechish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

t (min)

Ekstraksiya jarayonini optimallashtirish quyidagi chegaraviy shartlar e'tiborga olinadi:

$$50 \leq T_{ek} \leq 65$$

$$60\% \leq C_{erituvchi} \leq 95\%$$

$$60 \leq t_{ek} \leq 90$$

ISSN 3030-3907

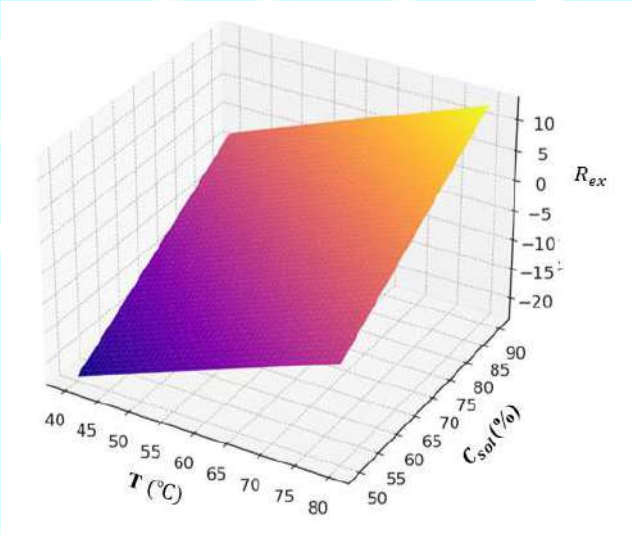


Figure 6. Yog‘ ekstraksiyasi samaradorligining harorat va erituvchi konsentratsiyasiga bog‘liqligi.

Harorat oshishi bilan yog' chiqishi ortadi: 40°C atrofida yog’ chiqishi past bo‘lib, 80°C ga yaqinlashganda sezilarli ravishda ortadi. Demak, yuqori harorat yog’ni erituvchiga yaxshiroq o‘tkazishga yordam beradi.

Erituvchi konsentratsiyasi oshishi bilan ham yog' chiqishi ortadi: 50% konsentratsiyada kam yog’ chiqadi. 90% konsentratsiyada maksimal yog’ chiqishi kuzatiladi. Erituvchi kuchaygani sari yog’ni ajratish qobiliyati oshadi.

Harorat va erituvchi konsentratsiyasi birgalikda oshganda maksimal natija olinadi:

Grafikning eng yuqori qismi (sariq rang) harorat va konsentratsiya ikkalasi ham yuqori bo‘lganda yuzaga keladi.

Bu RSM uchun tipik xulosa: interaktsiya mavjud — ikki parametrning birgalikdagi ta’siri individual ta’sirlar yig‘indisidan kattaroq.

Agar faqat haroratni oshirsak, yog’ chiqishi ortadi, lekin erituvchi konsentratsiyasi past bo‘lsa, maksimal natijaga yetib bo‘lmaydi. Xuddi shunday, faqat erituvchi konsentratsiyasini oshirsak ham harorat past bo‘lsa, to‘liq optimal chiqish bo‘lmaydi.

Optimal sharoit: harorat 70–80°C va erituvchi konsentratsiyasi 85–90% atrofida bo‘ladi.

Shuningdek, o‘rta haroratda (55–65°C) va o‘rta konsentratsiyada (65–75%) ham ma’lum darajada yaxshi yog’ chiqishi mumkin, lekin maksimal darajada emas.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, harorat va erituvchi konsentratsiyasi parametrlarining individual va o‘zaro ta’siri yog’ chiqish ko‘rsatkichiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Harorat va konsentratsiyaning oshishi yog’ning erituvchiga o‘tishini kuchaytirib, maksimal yog’ chiqishini ta’minlaydi. Ekstraksiya jarayonini optimallashtirish uchun RSM modeli asosida harorat va konsentratsiyaning optimal kombinatsiyasini aniqlash zarur.

ISSN 3030-3907

Xulosa. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi uslubiy asoslangan nazariy hisob-kitoblarni amalga oshirishga, paxta chigitidan yog‘ olish jarayonini modda almashish qonuniyatlari asosida aniqlash va boshqarish yondashuvlariga, shuningdek, yakuniy mahsulot sifat ko‘rsatkichlarini bashorat qiluvchi matematik modellar va hisoblash algoritmlaridan foydalanishga asoslangan; murakkab texnologik jarayonlarni optimal boshqarish tizimini ishlab chiqish, zamonaviy usullar va vositalardan foydalanib o‘tkazilgan nazariy va tajribaviy tadqiqotlar natijalarining o‘zaro muvofiqligi, sanoat-sinov tajribalari natijalarining ijobiyligi bilan tasdiqlanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Alberdi-Cedeño, J., Ibargoitia, M.L., Guillén, M.D., 2019. Monitoring of minor compounds in corn oil oxidation by direct immersion-solid phase microextraction-gas chromatography/mass spectrometry. New oil oxidation markers. Food Chem. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.001.

2. Alegöz, E., Bağdat, S., Tokay, F., 2025. A novel solid-phase extraction method for separation and preconcentration of Nickel(II) in hydrogenated vegetable oils using Sudan III functionalized Fe3O4. Talanta. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.128164.

3. Alghamdi, E., Piletsky, S., Piletska, E., 2018. Application of the bespoke solid-phase extraction protocol for extraction of physiologically-active compounds from vegetable oils. Talanta. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.06.070.

4. Asfaram, A., Dil, E.A., Arabkhani, P., Sadeghfar, F., Ghaedi, M., 2020. Magnetic Cu: CuO-GO nanocomposite for efficient dispersive micro-solid phase extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from vegetable, fruit, and environmental water samples by liquid chromatographic determination. Talanta. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121131.

ISSN 3030-3907