UDK 66.047.7

MEVA-SABZAVOTLARNI SAMARALI QURITISh JARAYONINI KO‘P POG‘ONALI TIZIMLI TAHLIL QILISH

Rustamov Elyor Samiyevich.
Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, (PhD)dotsent
e-mail: relyor@inbox.ru.

Annotatsiya.. Ma’lumki, qishloq xo‘jaligi sohasida yetishtiriladigan meva va sabzavotlarni uzoq muddatda saqlash hamda tashish xarajatlarini kamaytirishning asosiy bo‘g‘inlaridan biri quritish jarayoni hisoblanadi. Shunga ko‘ra, tadqiqot ishida meva va sabzavotlarni quritish jarayonining tizimli tahlili amalga oshirilib, issiqlik-moddaalmashinuv jarayoni davomida mahsulotning kapillyar g‘ovak strukturasida kechadigan fazalararo almashinuv qonuniyatlari, mahsulot qatlamlari bo‘yicha namlik, temperatura o‘zgarishlari tadqiq qilingan. Tadqiqotlar asosida kimyoviy, fizik-kimyoviy, biofizikaviy, moddaalmashinuv jarayonlarining umumiyligini hisobga olib 6 darajali ierarxik struktura ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar. tizim, obekt, element, quritish, issiqlik-moddaalmashinish, tizimli tahlil, quritish apparati, lahzali bosimni tushirish, usul, jarayon, matematik model.

Аннотация. Известно, что одним из основных способов длительного хранения фруктов и овощей, выращиваемых в сельскохозяйственной отрасли, а также снижения транспортных расходов, является процесс сушки. Соответственно, в исследовательской работе был проведен системный анализ процесса сушки фруктов и овощей и изучены закономерности межфазного обмена, распределение влаги по слоям продукта, изменения температуры, которые происходят в капиллярно-пористой структуре продукта в процессе тепломассообмена. На основе проведенных исследований была разработана иерархическая структура из 6 степеней, учитывающая совокупность химических, физико-химических, биофизических, массообменных технологических процессов.

Ключевые слова. система, обьект, элемент, сушка, тепло-массообмень, системный анализ, аппарат сущильная, мгновенным сбросом давления, способ, процесс, математической модель.

Abstract. It is known that the drying process is one of the main links in reducing the costs of long-term storage and transportation of fruits and vegetables grown in agriculture. Accordingly, a systematic analysis of the process of drying fruits and vegetables was carried out in the research work, and the laws of interphase exchange in the capillary pore structure of the product during the heat-metabolism process, humidity and temperature changes in the layers of the product were studied. Based on research, a 6-level hierarchical structure was developed taking into account the generality of chemical, physic-chemical, biophysical, and metabolic processes.

Keywords: system, object, element, drying, heat and mass transfer, system analysis, drying apparatus, instantaneous pressure relief, analysis, method, process, mathematical model.

Kirish. Tizimli tahlil - kimyo, oziq-ovqat sanoati texnologiyasidagi apparat va qurilmalarda amalga oshiriladigan issiqlik, moddaalmashinuv jarayonlarni chuqur tadqiq qilishning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Tizimli tahlilning mohiyati, uning tuzilishi, issiqlik va moddaalmashinuv jarayonlaridagi har qanday muammo va masalalarni yetarlicha hal qilish tamoyillari akademik V.V. Kafarov tomonidan olib borilgan tadqiqot ishlarida aks ettirilgan [1].

Tizimli tahlil asosida kimyoviy texnologiya jarayonlarini modellashtirish, boshqarish va loyihalash masalalarini yechishga qaratilgan tadqiqotlar mualliflar tomonidan, oziq-ovqat sanoatidagi biotexnologik jarayonlarni modellashtirish masalalari [1,2,3] tadqiqot ishlarida keltirilgan.

Yechiladigan muammo va masalaning qo‘yilishi. Quritish texnologiyasining tizimli yondashuv strategiyasi, issiqlik va moddaalmashinuv jarayonlarining matematik modellarini qurishda quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

-quritish jarayonini sifatli tahlil qilish;

-quritish jarayonining matematik modellarini sintez qilish;

-matematik modellarning muvofiqligi (adekvatligi)ni tekshirish hamda ob’ektga ta’sir etuvchi parametrlarning ta’sir chegaralarini aniqlash.

Tizimda tahlil qilinayotgan quritish jarayonini ma’lum bir yaxlitlik va maqsadga muvofiqlik bilan funksional quyi tizimlarga bo‘linishi - tizim elementlarining bir-biri va tashqi muhit bilan o‘zaro ta’sir paytida ularning moddiy va energiya aloqadorligini to‘g‘ri tahlil qilish va mavjud masalalarni yechishga zamin yaratadi. Shu asosda ishlab chiqilgan ierarxik struktura, quritish jarayoni davomida yuzaga keladigan turli darajadagi tafsilotlarni aniqlash imkonini beradi.

Yuqorida aytib o‘tilganlarni va tizim tahlilining umumiy prinsipiga muvofiq, biz har apparat va undagi jarayonni mustaqil tizim sifatida qarab, quritish tizimi uchun eng zarur bo‘lgan quyidagi asosiy jarayonlarning ierarxik tuzilmalarini aniqlaymiz.

Eksperiment va olingan natijalarning tahlili. Tadqiqotlar asosida kimyoviy, fizik-kimyoviy, biofizikaviy, moddaalmashinuv jarayonlarining umumiyligini hisobga olib 6 darajali ierarxik struktura ishlab chiqildi.

Ma’lumki, har bir tizimning ierarxiya darajalarining soni sistemaning murakkabligini belgilaydi. Shunga muvofiq, ushbu tadqiqot ishida quritish jarayoni bo‘yicha ishlab chiqilgan ierarxik strukturaning quyi tizimlarida sodir bo‘ladigan jarayonlarni sifatli tahlil qilishga bag‘ishlangan. Shu nuqtai nazardan, har bir ierarxik bosqichga tegishli bo‘lgan jarayon, o‘zining quyi tizimidagi sistema

harakatini tavsiflovchi kirish va chiqish parametrlari bilan izohlanadi. Meva va sabzavotlarni quritish jarayonining samarali usuli ishlab chiqilib, sifatli quritilgan mahsulotlar ishlab chiqarishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari amalga oshiriladi.

Quritish jarayonini tizim, apparat hamda element darajasida tadqiq qilish uchun, sistemali yondoshuv metodologiyasini ishlab chiqish maqsadga yo‘naltirilgan natijalarni olish imkonini yaratadi Shunga ko‘ra, texnologik tizimdagi har bir element darajasida issiqlik almashinuv, fazalar bo‘yicha modda berish, modda uzatish qonuniyatlarini o‘rganish maqsadida ko‘p pog‘onali ierarxik struktura ishlab chiqildi.

Ierarxiyaning birinchi bosqich jarayonlari. Ierarxiyaning ushbu bosqichida molekular daraja miqyosida boradigan jarayonlarning tizimli tahlili amalga oshirilib, mahsulot tarkibidagi suyuqlik, gaz sistemasi, oqsil hamda vitaminlarning quritish jarayoni davomida o‘zgarishlari tahlil qilindi.

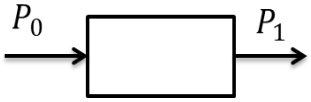
Ushbu bosqichning afzalliklarini - mahsulotning sifat ko‘rsatkichlarini saqlab qolish, maqbul texnologik rejimlarni tanlash, mahsulotning butun hajmi bo‘yicha ta’sir etayotgan bosimning teng taksimlanishi hamda past haroratli quritish rejimi asosida jarayonini jadallashtirish masalalari belgilaydi.

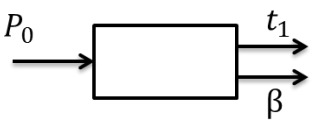
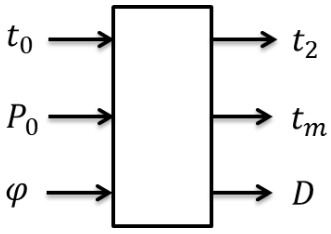
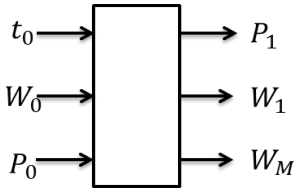
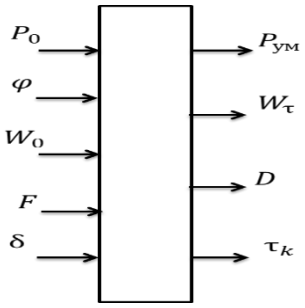
Texnologik jarayonga salbiy ta’sir etuvchi omillarga quyidagilar kiradi: - yuqori temperaturada oqsilning detaturatsiyalanishi, mahsulot tarkibidagi vitaminlarning yo‘qolishi, quritilayotgan mahsulotning yuzasida yupqa qatlam hosil bo‘lib, ichki qatlamidagi namlikning chiqishiga katta ta’sir ko‘rsatishi, natijada mahsulotning butun hajmi bo‘yicha namlikning bir me’yorda chiqib ketishi ta’minlanmaydi.

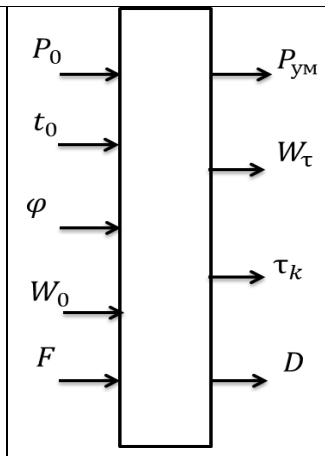
Ierarxiyaning birinchi bosqichi atom-molekular darajadagi hodisalar to‘plami bilan tavsiflanadi (1-jadval).

1-jadval

Quritish jarayonida issiqlik va moddaalmashinuvning ierarxik strukturasi

Ierarxiya darajalari va ularning quyi tizimlari	Ieraxiya darajalari bo‘yicha sodir bo‘ladigan jarayon va hodisalar	Ierarxiya darajalari bo‘yicha kirish va chiqish parametrlari	Jarayonni samarali tashkil etish usullari
I-daraja. Atom – molekular daraja	Atom–molekula darajada kechadigan jaraen va hodisalar		Atom va molekulalarning kinetik energiyasini oshirish orqali

II-daraja. Molekular strukturadan yukori daraja	Molekular molekulalar darajasida fizik-kimyoviy ta’sirlar		Molekulalarning kinetik energiyasini oshirish orqali
III-daraja Qattiq, suyuq va gaz fazasidagi elementlar	Fazalararo energiya va massa almashinuv jarayonlarini hisobga olgan holda qattiq, suyuq va gaz fazalarida fizik va kimyoviy hodisalar to‘plami.		Kapillyar g‘ovak strukturaga ega bo‘lgan mahsulot parametrlarini o‘zgartirish orqali.
IV-daraja Individual Oqimlar darajasida	Mahsulot kvazi qatlamlari bo‘yicha issiqlik modda almashinuv		Ob’ekt parametrlarini hamda apparat elementlarining konstruktiv parametrlarini o‘zgartirish orqali
V-daraja Mahsulot miqiyosida	Mahsulotning butun hajmi bo‘yicha issiqlik modda almashinuv		Ta’sir etuvchi parametrlarni tartibga solish orqali
VI-daraja Quritish apparati va uning funkional elementlari miqyosida	Quritish apparatida kechadigan jarayonlar		Ierarxiyaning quyi darajalarini tahlili asosida. mahsulot tarkibidagi namlikning chiqishini jadalashtiruvchi usullarni qo‘llash orqali



Ierarxiyaning ikkinchi bosqich jarayonlari. Ierarxik strukturaning ushbu bosqichida zarracha molekulalarida sodir bo‘ladigan jarayonlarni ko‘rib chiqamiz. Quritish jarayonining ikkinchi bosqichi, ya’ni quritish kamerasida bosimni hosil qilish va lahzali tushirishning ma’lum vaqt birligida hosil qilingan ta’sirlar natijasida mahsulot tarkibidagi suyuqlik tomchilarining harakati, mahsulotning kapillyar g‘ovak strukturasidagi molekula darajasidagi suyuqlik tomchisining bir fazadan ikkinchi bir fazaga o‘tishi tufayli hajmining o‘zgarishi ko‘rib chiqiladi.

Quritish kamerasidagi mahsulot massasi:

$$m_{mah} = \rho_{mah} \cdot V_{mah} \qquad (1)$$

bu yerda ρ_{mah}-quritish kamerasidagi mahsulot zichligi, kg/m^3; V_{mah} – mahsulot hajmi m^3.

O‘z navbatida mahsulot tarkibidan ajralib chiqayotgan bug‘-suyuqlik aralashmasining hajmi quyidagiga teng:

$$V_{suv+bug'} = V_{bug'} \cdot V_{suyuq.tomch.} + V_{qism.} \qquad (2)$$

bu yerda $V_{bug'}$- mahsulot tarkibidan ajralib siqayotgan gaz fazasining hajmi; $V_{suyuq.tomch.}$-ajralib chiqayotgan suyuqlik tomchilarining hajmi; $V_{qism.}$ – qisman havo hajmi.

Ierarxiyaning uchinchi bosqich jarayonlari. Ieraxiyaning ushbu bosqichida suyuq va gaz fazasida kechadigan jarayonlar tahlil qilinadi. Bosqichning kirish parametrlari: P_0- mahsulotga dastlabki ishlov berish qurilmasi ichidagi boshlang‘ich bosim, MPa; t_0- nam havo temperaturasi, ^{0}S; φ-nam havoning nisbiy namligi; chiquvchi parametrlar: τ_p-lahzali bosimning ta’sir etish davomiyligi, min; t_2-kuritish kamerasidagi temperatura,^{0}S; D- diffuziya koeffitsienti, m^2/c hisoblanadi. Quritish jarayonining samaradorligini oshirishda parametrlarni o‘zgartirish orqali,

elementlar ichida boradigan moddaalmashinuv jarayonini tadqiq qilish uchun esa differensial tenglamalar ishlab chiqish asosida erishiladi [2,5].

Mahsulot tarkibidan ajralib chiqayotgan suyuq fazadagi issiqlik miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q_{s.f.} = m_{mah} \cdot s_{mah}(t_1 - t_2) \quad (3)$$

bu yerda m_{mah}- mahsulotning massasi; s_{mah}-issiqlik sig‘imi; $t_1 - t_2$ – mahsulotning dastlabki va oxirgi temperaturalari.

Ierarxiyaning to‘rtinchi bosqich jarayonlari. Kamerada hosil qilingan bosim va temperatura ta’sirida quritilayotgan mahsulot kvazi qatlamlari bo‘yicha namlik o‘zgarishini tavsiflovchi jarayonlar ko‘rib chiqiladi. Ushbu darajaning strukturaviy elementi - mahsulotning kvazi qatlami hamda mahsulotning kvazi qatlamidan vaqt birligida ajralib chiqayotgan suyuqlik tomchilari va gaz fazasi hisoblanadi. Quritish jarayonida nam mahsulot atrof-muhit ta’siri tufayli muvozanat holatini egallay boshlaydi, shuning uchun mahsulot harorati va namlik o‘zgarishini vaqt va koordinata funksiyasi sifatida ifodalash mumkin:

$$T = f(x, y, z, t) \qquad W^0 = f(x, y, z, t) \quad (5)$$

Bosim R va temperaturaning T eng kichik qiymatida nam havoni, ideal gazlar –quruq havo va suv bug‘larining ikkilik aralashmasi deb qaraydigan bo‘lsak, u holda Dalton qonuniga ko‘ra quyidagini yozamiz [Dalton kitobi]:

$$P = P_{q.h} + P_p \quad (6)$$

bu yerda: P-bug‘-gaz aralashmasining bosimi; $P_{q.h}$-quruq havoning parsial bosimi; P_p –suv bug‘ining parsial bosimi.

Erkin va to‘yingan holatdagi bug‘ uchun ideal gaz Mendeleev-Klayperon tenglamasiga ko‘ra:

$$P_p = P_p \cdot M_p / RT \quad (7)$$

bu yerda: M_p - 1Mol bug‘ning massasi,kg; R-gaz doimiysi.

Quritish jarayoni davomida ajralib chiqayotgan gaz aralashmasining tarkibiy qismi (quruq havo va bug‘) butun aralashma sifatida bir xil hajmga ega:

$$\rho_{q.h} = \frac{m_{q.h}}{V} \qquad \rho_p = \frac{m_p}{V} \quad (8)$$

bu yerda: $m_{q.h}$, m_p –nam havodagi quruq havo va suv bug‘ining massasi,kg; V- quruq havo hajmiga yoki bug‘ hajmiga teng bo‘lgan nam havoning hajmi, m^3.

Ushbu tizimning harakat qonuniyatlari quyidagi kirish parametrlari: $t_0 \div t_n$ mahsulot qatlamlaridagi boshlang‘ich temperatura, ^{0}S; $W_0 \div W_n$ -boshlang‘ich namlik, %; P_0-bosim, MPa va chiquvchi parametrlari: P_1-quritish kamerasidagi bosim, MPa; τ_p-bosimning ta’sir davomiyligi,min; W_k- mahsulot qatlamlaridagi oxirgi namlik,%; τ_s –quritish vaqti, min; W_m- mahsulotning muvozonat namligi,%

orqali ifodalaymiz. Quritish jarayonini samarali tashkil etish, ta'sir etuvchi parametrlarning maqbul qiymatlarini tanlash orqali amalga oshiriladi.

Ierarxiyaning beshinchi bosqich jarayonlari. Ierarxiyaning ushbu bosqichida mahsulotning butun hajmi bo'yicha quritish kinetikasini tavsiflovchi jarayonlar tahlil qilinadi. Taklif etilgan kombinatsion quritish usulining har bir bosqichi bo'yicha mahsulot tarkibidagi namlikning o'zgarishi tahlil qilinib, ta'sir etuvchi omillarning chegaraviy qiymatlari aniqlanadi.

Ta'sir etuvchi omillarning kirish parametrlari: P_0- ishchi kamerada kompressor orqali berilayotgan havo bosimi, MPa; φ -nisbiy namligi %; W_0-mahsulotning boshlang'ich namligi,%; F-mahsulotning kontakt yuzasi, m^2, t_0-mahsulot temeraturasi, δ-mahsulot qalinligi,mm. Chiquvchi parametrlar: P_{um}- ishchi kameradagi umumiy bosim, MPa; $W_(\tau)$ – vaqt birligida mahsulot namligining o'zgarishi, %, D-diffuziya koeffitsienti, m^2/c, τ_s –quritish vaqti, min.

Quritish jarayonini jadallashtirish, mahsulotga dastlabki ishlov berish bosqichida 0,2-0,8 MPa chegaraviy qiymatda bosimni hosil qilish va uni lahzali tushirish usulini qo'llash orqali erishiladi.

F. Morz Klauzis-Klapeyron tenglamasiga muvofiq moddaning erish temperaturasi T_{erish} bilan bosimning bog'liqligini quyidagicha izohlagan:

$$\frac{dT_{erish}}{dP} = \frac{mT_{bug'}}{r_{bug'}}\left(\frac{1}{\rho_s} - \frac{1}{\rho_q}\right), \qquad (9)$$

bu yerda: **m**- qattiq faza massasi, kg; ρ_s- suyuqlik zichligi, kg/m^3; ρ_q- qattiq faza zichligi, kg/m^3.

Ushbu tenglama, hosil qilingan bosimga nisbatan moddaning erish issiqligini hisoblash imkoniyatini beradi. Bundan tashqari $r_{bug'}$ hamda $T_{bug'}$ bog'liqligini aniqlash orqali suyuq va qattiq fazaning issiqlik sig'imi farqini hisoblash mumkin. Kapillyar-g'ovak jismlarni quritish jarayonida kapillyarlar ichida fazalar almashinuvi sodir bo'ladi. Mahsulot tarkibidagi suyuqlikning bug'lanish harorati bosimga bog'liq bo'lib, u quyidagicha tavsiflanadi [1,2,3,5]:

$$\frac{dT_{erish}}{dP} = \frac{T_{bug'}}{\nu \cdot r_{bug'}}\left(V_{gaz} - V_s\right), \qquad (10)$$

bu yerda: $r_{bug'}$- bug'lanish issiqligi 1mol Dj/kg; V_{gaz}- gaz fazasining hajmi; V_s-suyuq faza hajmi.

Mahsulotning sifat ko'rsatkichlarini saqlab qolish imkoniyatini beruvchi texnologik rejimlarni tanlash jumladan, mahsulotning butun hajmi bo'yicha ta'sir etayotgan bosimning teng taksimlanishini ta'minlash, past haroratli rejimni qo'llash

orqali quritish jarayonini jadallashtirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar bosqichning afzalliklarini belgilaydi.

Ierarxiyaning oltinchi bosqich jarayonlari. Ierarxik strukturaning ushbu bosqichida quritish jarayoni apparat va elementlar darajasida o‘rganilib, hodisalarning umumiyligi tahlil qilindi. Quritish apparati miqyosida kechadigan jarayonlarni quyidagi kirish parametrlari orqali tavsiflash mumkin: P_0- ishchi kamerada kompressor orqali berilayotgan havo bosimi, MPa; φ -nisbiy namligi %; W_0-mahsulotning boshlang‘ich namligi,%; F-mahsulotning kontakt yuzasi, m^2, t_0-mahsulot temeraturasi, δ-mahsulot qalinligi,mm. Chiquvchi parametrlar: P_{um}- ishchi kameradagi umumiy bosim, MPa; $W_(\tau)$ – vaqt birligida mahsulot namligining o‘zgarishi, %, D-diffuziya koeffitsienti, m^2/c, τ_s –quritish vaqti, min.

Quritish jarayonining samaradorligini oshirish, ta’sir etuvchi parametrlarning maqbul chegaraviy qiymatlarini aniqlash hamda ikki bosqichli quritish usulini qo‘llash orqali amalga oshiriladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot ishida kapillyar-g‘ovak strukturaga ega bo‘lgan meva- sabzavotlarni quritish jarayonining tahlili va ierarxik tuzilmasi ishlab chiqilib, hodisalar va elementar jarayonlarning semantik tahlili, matematik model ishlab chiqish uchun matematik tavsiflarning sifatli tahlili amalga oshirildi. Bu elementar jarayonlarni oqilona darajada matematik tavsiflash, ularni ierarxik tuzilma doirasida alohida-alohida quyi tizimlar shaklida birlashtirish imkonini beradi. Bu esa quritish jarayonini ierarxik bosqichlar bo‘yicha matematik modellashtirish masalalarini yechishga zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. -М.: Высшая школа. 1991. -400 с.

2. Артиков А.А., Джураев Х.Ф., Баракаев Б.Н. Системное мышление, анализ и нахождение оптимальных решений (на примерах инженерной технологии). Издательство «Дурдона». Бухара. 2019. 185с.

3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. -М.: Пищевая промышленность. 1973 . –528 с.

4. Rustamov E.S., Artikov A., Djurayev X. F System thinking in analysis of device for removing moisture from the material by instantaneous pressure release. // Technical science and innovation. Tashkent, 2021. №4, pp 308-312.

5. Лыков М.В..Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массоперноса. –М.: Госэнергоиздат. 1963. -536с.