TERMOLABIL MAXSULOTINI YARIMSANOAT KONVEKTIV-KONDUKTIV QURILMASIDA QURITISH JARAYONINI TADQIQ QILISH.

X.F. Djurayev

Texnika fanlari doktori, Buxoro davlat texnika universiteti, "Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish" kafedrasi professori

S.K. Uvayzov

Buxoro davlat texnika universiteti, "Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish" kafedrasi katta o`qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada termolabil mahsulotlarini quritish jarayoni va quritish qurilmasi tadqiq qilingan. Konvektiv-konduktiv quritish qurilma konstruktsiyasi takomillashtirilgan bo'lib, qurilma yuqori haroratga sezgir bo'lgan mahsulotlarni samarali quritishga mo'ljallangan. Takomillashtirilgan qurilma konstruktsiyasi va ishlash printsipi batafsil yoritilgan. Shuningdek, quritish jarayoniga, havo harorati va uning tezligi, hamda namlik darajasining ta'siri o'rganilgan. Tadqiqotda meva bo'laklarini quritish jarayonining kinetik qonuniyatlari hamda asosiy parametrlarining optimal qiymatlari aniqlangan. Taklif etilayotgan qurilmada turli xildagi meva va sabzavot mahsulotlarni quritishga imkoni yaratadi.

Kalit so'zlar: termolabil mahsulotlar; quritish jarayoni; quritish qurilmasi; issiqlik almashinish, modda almashinish; issiqlik energiyasi, qurituvchi agent.

Аннотация. В данной статье исследованы процесс сушки термолабильных продуктов и конструкция сушильного устройства. Усовершенствована конструкция конвективно-кондуктивной сушильной установки, предназначенная для эффективной сушки продуктов, чувствительных к высоким температурам. Подробно описана конструкция усовершенствованной сушильной установки и принцип его работы. Также изучено влияние температуры, скорости и влажности воздуха на процесс сушки. В исследовании определены кинетические закономерности процесса сушки ломтиков фруктов, а также оптимальные значения основных параметров. Предлагаемое устройство позволяет сушить различные виды фруктов и овощей.

Ключевые слова: термолабильные продукты, процесс сушки, сушильная установка, тепло обмен, массо обмен, тепловая энергия, сушильный агент.

Abstract. This article investigates the drying process of termolabile products and the design of a drying chamber. The design of a convective-conductive drying chamber has been improved to enable efficient drying of products sensitive to high temperatures. The structure of the enhanced drying chamber and its operating

ISSN 3030-3907

principle are described in detail. The study also examines the effects of temperature, air velocity, and humidity on the drying process. The research identifies the kinetic patterns of drying fruit slices, as well as the optimal values of key parameters. The proposed device enables the drying of various types of fruits and vegetables.

Keywords: heat sensitive products, drying process, drying chamber, heat transfer, mass transfer, thermal energy, drying agent.

Kirish

Jarayon va qurilmalar fanining rivojlanishi natijasida, xususan fizik-kimyoviy va biokimyoviy o‘zgarishlarning qonuniyatlarini keng qamrovda o‘rganilishi hisodidan qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish jarayonlarida sezilarli o‘zgarishlar sodir etilmoqda.

Dunyoda qishloq xo‘jaligi maxsulotlarini quritishning bir qator (konvektiv, IQ-konvektiv, konduktiv, sublimatsion, yuqori chastotali nurlar ta’sirida va h.k.) usullari amaliyotda keng qo‘lanilmoqda. Quritish qurilmalarini quyidagi sinflarga ajratish mumkmin:

- issiqlik energiyasi ta’minoti bo‘yicha;
- qurituvchi agent turi bo‘yicha;
- maxsulotni tashish usuli bo‘yicha;
- xom-ashyoning xossalari va ta’minlash usuli bo‘yicha;
- maxsulotni qutirish rejimi va davomiyligi bo‘yicha.

Oziq-ovqat maxsulotlrining har xil turlari, hamda quritilayotgan materiallarning turlicha xossalarini inobatga olib, sanoatga turli xildagi quritgichlar qo‘llaniladi. Qishloq xo‘jaligi maxsulotlari yetishtirilayotgan joylarda asosan havo-quyosh usuli, sanoatda esa konvektuv quritish usullari qo‘llaniladi. Sanoatda turli konstruktsiyali konvektiv quritish qurilmalari (kamerali, barabanli, pnevmatik, lentali, mavhum qaynash qatlamli va h.k.) keng qo‘llaniladi.

Yechiladigan muammo va masalaning qo‘yilishi.

Yaratilgan qurilmamiz termolabil (1-rasm) – yuqori haroratga sezgir bo‘lgan va qizdirilganda parchalanishi yoki xususiyatlarini yo‘qotadigan maxsulotlarini quritish uchun mo‘ljallangan. Qurilmaning karkasi 15x15x1.2 mm o‘lchamli temir profildan tayyorlangan. Karkasning ichki va tashqi qismi qalinligi 0.8 mm, zanglashdan saqlaydigan qoplamali temir list bilan o‘ralgan. Issiqlik energiyasining yoqotilishini kamaytirish maqsadida qurilma qobig‘i orasida qalinligi 20 mm bo‘lgan issiqlikni o‘kazmaydigan penopleks joylashtirilgan.

Qurilmaning asosiy – kamera qismi balandligi 900 mm, eni 600 mm, bo‘yi 800 mm. Qurilmada havoning teng taqsinlanishi uchun uning ustki va pastki qismi

ISSN 3030-3907

piramida simon qilib tayyorlangan. Havoning kirish va chiqish patribkalari 100 mm diametrga ega.

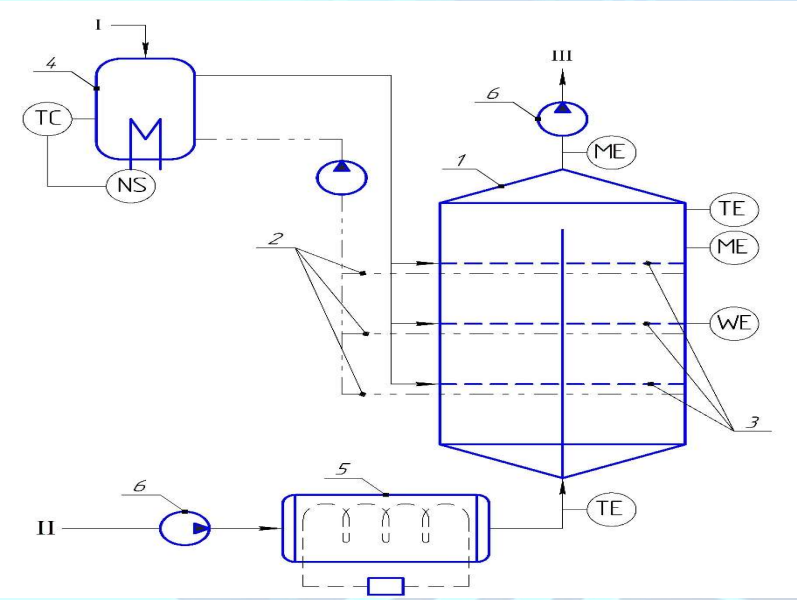
Qurilmaning ishchi kamerasi uning balanligiga nisbatan teng uch qismga bo‘lingan. Har bir qismi quritilayotgan maxsulot qo‘yiladigan tagliklardan iborat. Har bir tagliklar ostida, diametri 12 mm mis quvurdan tayyorlangan ilinsimon (змеевик) isitish qurilmalari o‘rnatilgan.

Maxsulot qo‘yiladigan tagliklar qalinligi 1 mm zanglamaydigan po‘lat to‘r setkadan tayorlangan. Tagliklar 750x550 mm o‘lchamlarga ega. Tagliklar mis quvurli issitish qurilmalaridan 25 mm balanlikda joylashtiriladi.

Quritish uchun berilayotgan havoning har bir tagliklarda bir xil taqsimlanishi va pastki tagliklarda o‘rnatilgan mahsulotlardan ajralib chiqadigan namlik tufayli yuqori taglikarda turgan mahsulotlarning ortiqcha namlanishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun kamera markazidan havo so‘rish quvuri o‘rnatilgan. Havo so‘rish quvuri bo‘ylama yuzasi bo‘ylab tangensial burchak ostida bir xil miqdordagi tirqishlar tashkil etilgan bo‘lib, ular tagliklarda o‘rnatilgan har bir maxsulot qatlamidan ajralib chiqadigan namlikni ishlatilgan havo bilan birgalikda atmosferaga chiqarilishini ta’minlaydi.

Qurilmaning old qismida ikkita eshik o‘rnatilgan bo‘lib, ular 800x450 mm o‘lchamga ega.

Mis quvurlar ichidan suyuq issilik tashuvchi – issiq suv harakatlanadi. Suvni isitish tizimi elektr suv isitgichi, mis quvurlar va nasosdan iborat.



1-rasm. Qishloq xo‘jaligi maxsulotlarini quritish jarayoning sxemasi 1- quritish kamerasi; 2- misli issqlik almashinish qurilmalari; 3- to‘rli tagliklar; 4- elektr suv isitgichi; 5- keramik havo isitgich; 6- havo ventilyatorlari.TE- qarshilik termometrlari; ME- namlik o‘lchagichlari.

ISSN 3030-3907

Elektr suv isitgichi to‘rtburchak shaklda bo‘lib, uning hajmi 3 l (0.003 m^3) va isitish quvvati 1500 Vt tashkil etadi.

Qurilmaga berilayotgan havoning namligini pasaytirish va haroratini bir xil me’yoda saqlash maqsadida, qurilmaning pastki qismi, havoning kirish yo‘lida elektr keramik isitish moslamasi o‘natilgan.

Nok mevasi tarkibidagi namlik miqdorini aniqlashda quruq qoldiq usulidan foydalanilgan. Boshlang‘ich namlik miqdori termogravimetrik usulda ishlaydigan Sartorius MA35 rusumli analizator yordamida aniqlangan. Quyidagi ifodalardan foydalanib, maxsulot tarkibidagi suv va quruq modda miqdori hisoblangan:

$$suv = \frac{A - B}{A} \cdot 100 \quad (1)$$

$$QM = \frac{B}{A} \cdot 100 \quad (2)$$

bu yerda: A – boshlang‘ich massa, B – qoldiq massa, QM – quruq modda miqdori.

Analizatorda olib borilgan tajribalar natijasi, nok mevasi tarkibida 86-88% suv borligi aniqlandi.

Tadqiqotlarni amalga oshirish maqsadida, quritish uchun mo‘ljallangan va texnik ko‘rsatkichlarga mos keladigan nok mevalari sotib olingan. Quritish uchun o‘rta o‘lchamli, qattiq, pishgan, to‘g‘ri shaklga ega, kesilgan mevalar qo‘llanilgan. Meva bo‘lakchalari 2, 4, 6 mm qalinlikda kesilgan. Kesilgan meva bo‘laklarining diametric o‘rtacha 35-40 mm va massasi 7-22 g ni tashkil etgan.

Tayyorlangan meva bo‘lakchalari yarimsanoat kamerali konvektiv-konduktiv qurilmasida 15-18% namlik darajasigacha quritish quyidagi rejim ostida: har bir taklikka meva bo‘lakchalari bir qatlamda joylashtiriladi, isituvchi agentning harorati 80-90 ºC harorat oralig‘ida jarayon amalga oshirilgan. Qurituvchi agentning tezligi 1-1,5 m/s, boshlang‘ich harorati 30 ºC, namligi 40% va bosimi 760 mm.sim.ust. Quritish jarayoni davomida quritilayotgan maxsulot massasining o‘zgarishi 0,1 g aniqlikda yozib borilgan. Kameradagi harorat qarshgilik termometrlari yordamida 0,2ºC aniqlikda o‘lchab borilgan.

Har bir taglikga 2-3 kg maxsulot bo‘laklari yoyib chiqiladi. Maxsulot yoyilgan tagliklar oldindan 50 ºC haroratgacha isitilgan kameraga o‘rnatiladi va kamera eshiklari mahkam yopilib, quritish jarayoni boshlanadi.

Quritish kamerasida boshlang‘ich haroratni 50 ºC gacha qizdirish uchun, suv qizdirgichi 4 ishga tushiriladi. Ventilyator 6 orqali havo kameraning pastki qismidan beriladi.

Kameradagi harorat suyuq issiqlik tashuvchining sarfini o‘rgartitish natijasida bir me’yorda saqlanadi. Suyuq issiqlik tashuvchi sifatida suv ishlatiladi.

ISSN 3030-3907

Dastavval, elektr suv issitgichi 4 va misli issiqlik almashinish 2 qurilmalariga suv nasos orqali 1,1÷1,2 bar (110-120 kPa) bosim ostida to‘ldiriladi. Isitish tizimi suv bilan to‘ldirilgandan so‘ng, eletr suv isitgichi 4 ishga tushiriladi va suvning harorati 80÷90 ºC oraliqda doimiy saqlanadi.

Quritish kamerasining yuqori qismidan ishlatilgan qurituvchi agent – havo chiqariladi. Quritilayotgan maxsulot massasini o‘lchab borish natijasida maxsulotdan namlikning ajralib chiqish tezligi aniqlangan. Kameraga berilayotgan havo, chiqarotgan ishlatilgan havo, hamda kamera ichidagi harorat TE qarshilik termometrlari, kameradagi namlik va ishlatilgan havo namligi ME datchiklari yordamida uzluksiz o‘lchab boriladi.

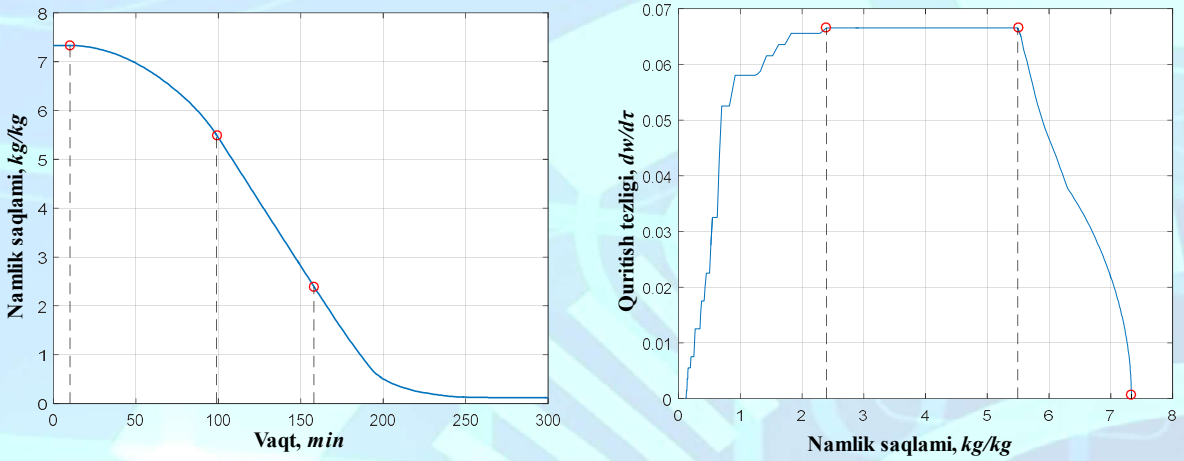
Olib borilgan tadqiqotlarda maxsulotni quritish uchun kameraga havo bir xil tezlikda va haroratda berilgan. Jarayon davomida misli issqilik almashinish qurilmalaridagi suyuq issituvchi agent sarfini o‘zgartirish orqali kameradagi harorat bir xil me’yorda saqlab turilgan.

Olib borilgan tajribalarda asosiy vasifa, yuvilgan va bo‘laklarga kesilgan mevalarni suyuq issituvchi agent yordamida atmosfera bosimida va 55-60 ºC harorat ostida quritish jarayonini tadqiq qilish belgilab olingan. Tadqiqotlar natijasida quritish jarayonining kinetik qonuniyatlari va asosiy rejim parametrlarining jarayonga ta’siri o‘rganilgan.

Nok mevasini quritish egri chiziqlaridan (2-rasm), quritish jarayonining uch davrini: isitish, doimiy va so‘nuvchi quritish tezligi davrlarini ajratish mumkin. Issiqlik almashinish natijasida isitish davrida quritilayotgan maxsulot haroratining tez ko‘tarilishi va namlikning bug‘ ko‘rinishida ajralishini kuzatish mumkin.

Nok mevasi bo‘lakchalarining tez quritilishi, kameraga atmosfera bosimi ostida havo berilib, uning harorati ancha past darajada bo‘lishi maxsulot qatlamlarida haroratning teng taqsimlanishi va uning haddan tashqari qizib ketishini oldini olish bilan xarakterlanadi. Shu bilan birga, maxsulot turi va zaruriy quritish tezligini ta’minlash uchun berilayotgan havoning parametrlari va tezligini rostlash mumkin.

ISSN 3030-3907



a) b)

2-rasm. Nok mevasini quritish egri chiziqlari
a- vaqt bo‘yicha namlikning o‘zgarish grafigi;
b- quritish tezligining namlik saqlami bo‘yicha o‘zgarish grafigi

Termolabil mahsulotlarni quritish jarayonining mohiyatini tahlil qilish uchun eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish rejasi ishlab chiqildi. Eksperimental tadqiqotlar rejasini ishlab chiqishda asosiy ta’sir etuvchi texnologik parametrlarning chegaraviy qiymatlari aniqlandi, ya’ni mahsulot qatlamining qalinligi, jarayon davomiyligi va quritish apparati kamerasidagi harorat.

Quritilayotgan mahsulotning yakuniy namlik miqdori jarayon natijasi (chiqishi) sifatida qabul qilingan.

O‘tkazilgan hisob-kitoblar asosida termolabil mahsulotni quritish jarayonining empirik matematik modeli aniqlandi:

$$y_2 = 0{,}80 - 0{,}26 \cdot x_1 + 0{,}19 \cdot x_2 - 0{,}15 \cdot x_3 - 0{,}11 \cdot x_1 x_3 - 0{,}03 \cdot x_2 x_3 - 0{,}04 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (3)$$

Fisher mezoniga asoslanib, aniqlangan matematik model adekvatligi isbotlangan.

Eksperiment va olingan natijalarning tahlili.

Tajribalar davomida termolabil mahsulotlarini quritish jarayonida olingan natijalar tizimli tahlil qilinib, asosiy parametrlar, quritish tezligi, maxsulot namligi va haroratining o‘zgarish profillari aniqlandi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, maxsulot qalinligini oshirilishi, uning tarkibidan namlikning ajralish intensivligiga ta’sir etib, muvozanat namlikka erishish vaqti oshadi. Ya’ni, yupqa kesilgan maxsulot bo‘lakchalari (2 mm), qalin bo‘lakchalarga (6 mm) nisbatan minimal vaqt ichida muvozanat namlikga erishiladi.

Natijalarni muhokama qilish jarayonida termolabil mahsulotni quritish jarayonining asosiy qonuniyatlari aniqlangan. Shuningdek, suyuq issiqlik

ISSN 3030-3907

tashuvchining harorati, quritish agenti oqimi tezligi va boshlang‘ich namlik kabi o‘zgaruvchan omillarning namlikning ajralib chiqish samaradorligiga ta’siri aniqlangan. Mahsulotning sifat xususiyatlari, rangi, hidi va tuzilishining saqlab qolinishiga katta etibor qaratilgan.

Olingan ma’lumotlar termolabil mahsulotlar quritish rejimiga yuqori sezgir ekanligi, shu bilan birga ozuqaviy komponentlar yo‘qotilishini minimallashtirish va tayor mahsulotning muvozanat namligini ta’minlash maqsadida texnologik rejimni optimallashtirish zarurligi ko‘rsatigan.

Xulosa.

Termolabil mahsulotlarni quritish jarayonini tasvirlaydigan matematik model ishlab chiqilgan bo‘lib, quritish jarayoni davomiyligining turli qiymatlarida mahsulot tarkibidagi suv miqdorining o‘zgarishi, quritish harorati va mahsulot bo‘laklari qalinligiga bog‘ligi aniqlangan. Matematik modellar yordamida quritish qurilmasida termolabil mahsulotlarni quritish jarayonini xarakterlovchi natijalar olingan. Eksperimental tadqiqotlar orqali termolabil mahsulotlarni quritish jarayoni tajriba-sinov ishlari amalga oshirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Djuraev K., Uvayzov S. Synthesis of a digital PID controller to control the temperature in the agricultural products drying chamber //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 390. – C. 03002.

2. Х.Ф. Джураев, Ш.Х. Расулов, М.С. Мизомов, А.Х. Файзиев, С.К. Увайзов Разработка оптимального механизма перемещения тепло – и массопереноса в процессе сушки // Farg‘ona politexnika instituti ilmiy-texnikaviy jurnali. -2023. №5 Tom 27, c. 118-125.

3. Sh.X. Rasulov, M.S. Mizomov, A.X. Fayziyev, S.K. Uvayzov Mathematical description of the process of heat and mass exchange during drying // Xorazm Ma’mum Akademiyasi axborotnomasi. -2023. №8/1. pp. 147-153.

4. Kholiqov M. et al. Mathematical modeling of the pastilla jam drying process //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2025. – T. 3268. – №. 1.

5. Khudoynazarov F. J. et al. Development of an optimal mechanism for a solar-air collector for drying thermolabile products //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2024. – T. 2697. – №. 1. – C. 012015.

ISSN 3030-3907