



UO‘K: 664.8.047:635.24:620.91

[https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3\(24\).2026.18](https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3(24).2026.18)

QASHQADARYO VILOYATI SHAROITIDA TOPINAMBURNI QUYOSH ENERGIYASI ASOSIDA QURITISH JARAYONINI MATEMATIK MODELASHTIRISH

Uzoqova Mushtariy G‘ulomovna-tadqiqotchi

<https://orcid.org/0009-0001-9711-6274> e-mail: uzakovamushtariy@gmail.com

Allayarov Jasur Jumanazarovich-t.f.n., dots.

<https://orcid.org/0009-0008-6334-8772> e-mail: jjallayarov1985@mail.ru

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

Annotasiya: Kirish. Maqolada topinambur ildizmevasini Qashqadaryo viloyati iqlim sharoitida quyosh energiyasidan foydalanib quritish jarayonining fizik va kinetik xususiyatlarini hisobga olib matematik modelashtirish metodikasi ishlab chiqilgan.

Usul va material. Tadqiqot obyekti sifatida yangi yig‘ib olingan topinambur ildizmevasi - *Helianthus tuberosus L.* qabul qilingan bo‘lib, uni quyosh energiyasi yordamida quritish usulidan foydalanilgan.

Natijalar. Matematik modelashtirish asosida quritish harorati, nisbiy namlik, quyosh radiyasiyasi, havo tezligi va quritish davomiyligining mahsulot namligiga ta’siri baholanadi. Quritish jarayonida namlik nisbati, quritish tezligi, effektiv namlik diffuziya koeffitsiyenti va aktivlanish energiyasi kabi parametrlarni hisoblash algoritmi taklif qilingan.

Xulosa. Tadqiqot natijalari topinamburni quyosh quritgichlarida optimal harorat rejimida quritish vaqtini qisqartirish va energiya sarfini kamaytirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: topinambur, *Helianthus tuberosus L.*, quyosh energiyasi, quyosh quritgichi, quritish kinetikasi, matematik modelashtirish, namlik nisbati, effektiv diffuziya koeffitsiyenti, quritish davomiyligi.

Дата поступления: 20.07.2026. После обработки: 18.08.2026 Принято печать: 23.09.2026

For citation: Uzakova M.G., Allayarov J.J. Mathematical Modeling of the Solar Drying Process of Jerusalem Artichoke under the Climatic Conditions of Kashkadarya Region. *Muqobil energetika*. 2026. 3(24). pp. 138-144.

УДК:664.8.047:635.24:620.91

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОЛНЕЧНОЙ СУШКИ ТОПИНАМБУРА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Узакова Муштарий Гуломовна - исследователь,

<https://orcid.org/0009-0001-9711-6274> e-mail: uzakovamushtariy@gmail.com

Аллаяров Жасур Жуманазарович - кандидат технических наук, доцент

<https://orcid.org/0009-0008-6334-8772> e-mail: jjallayarov1985@mail.ru

Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. Введение. В статье разработана методика математического моделирования процесса сушки клубней топинамбура с использованием солнечной энергии в климатических условиях Кашкадарьинской области с учетом физических особенностей и кинетических закономерностей процесса сушки.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использованы свежесобранные клубни топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*), для обезвоживания которых применен метод сушки с использованием солнечной энергии.



Результаты. На основе математического моделирования оценивается влияние температуры сушки, относительной влажности воздуха, солнечной радиации, скорости воздушного потока и продолжительности сушки на влагосодержание продукта. Предложен алгоритм расчета основных параметров процесса сушки, включая относительное влагосодержание, скорость сушки, эффективный коэффициент диффузии влаги и энергию активации.

Закключение. Результаты исследования служат научной основой для сокращения продолжительности сушки и снижения энергозатрат при сушке топинамбура в солнечных сушильных установках в оптимальном температурном режиме.

Ключевые слова: топинамбур, *Helianthus tuberosus* L., солнечная энергия, солнечная сушильная установка, кинетика сушки, математическое моделирование, относительное влагосодержание, эффективный коэффициент диффузии влаги, продолжительность сушки.

UDC: 664.8.047:635.24:620.91

MATHEMATICAL MODELING OF THE SOLAR DRYING PROCESS OF JERUSALEM ARTICHOKE UNDER THE CLIMATIC CONDITIONS OF KASHKADARYA REGION

Uzakova Mushtariy Gulomovna – Researcher,

<https://orcid.org/0009-0001-9711-6274> e-mail: uzakovamushtariy@gmail.com

Allayarov Jasur Jumanazarovich-Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0009-0008-6334-8772> e-mail: jjallayarov1985@mail.ru

Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. Introduction. This study develops a mathematical modeling methodology for the solar drying process of Jerusalem artichoke tubers under the climatic conditions of the Kashkadarya region, taking into account the physical characteristics and kinetic behavior of the drying process.

Materials and Methods. Freshly harvested Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers were selected as the research material, and a solar energy-based drying method was employed for their dehydration.

Results. Mathematical modeling is used to evaluate the effects of drying temperature, relative humidity, solar irradiance, air velocity, and drying duration on the moisture content of the product. An algorithm is proposed for calculating the principal drying parameters, including the moisture ratio, drying rate, effective moisture diffusivity, and activation energy.

Conclusion. The findings provide a scientific basis for reducing drying time and energy consumption during the drying of Jerusalem artichoke in solar drying systems under optimal temperature conditions.

Keywords: Jerusalem artichoke, *Helianthus tuberosus* L., solar energy, solar dryer, drying kinetics, mathematical modeling, moisture ratio, effective moisture diffusivity, drying duration.

1. Kirish

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish va ularning saqlanish muddatini oshirish, mikrobiologik barqarorligini ta‘minlash va mavsumiy ishlab chiqarishdagi yo‘qotishlarni kamaytirish masalalari muhim ilmiy-texnologik muammolar hisoblanadi. An‘anaviy quritish texnologiyalarida elektr energiyasi yoki organik yoqilg‘idan foydalanish natijasida mahsulot tannarxining ortishiga va atmosferaga zararli parnik gazlari chiqarilishiga olib keladi. Mavjud an‘anaviy quritish qurilmalari va texnologiyalari tahlili shuni ko‘rsatadiki, 1 kilogramm quritilgan sifatli meva-sabzavot mahsulotini olish uchun 2,0-10,0 kVt soat energiya sarf qilinadi [1,2].

Shu sababli, quyosh energiyasiga asoslangan yashil quritish texnologiyalari va qurilmalari energiya va resurs tejamliligi bilan ahamiyatlidir. Quyosh quritish qurilmalarida mahsulotning



namlik yo‘qotish kinetikasini matematik modellash quritish jarayonini optimallashtirishning muhim vositasi hisoblanadi. So‘nggi yillarda bajarilgan ilmiy ishlar tahliliga ko‘ra chop qilingan adabiyotlarda Page va Midilli–Kucuk modellari turli qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining quyoshda quritish jarayonlarini tavsiflashda yuqori moslashuvchanlik ko‘rsatishi qayd etilgan [3,4,5].

Ma‘lumki, hozirgi kunda topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) funksional oziq-ovqat mahsuloti sifatida alohida ahamiyatga ega hisoblanib, uning tarkibida inulin va fruktoligosaxaridlar mavjud bo‘lib, mahsulotning namligi yuqori bo‘lganligi uni saqlashdan oldin samarali quritishni talab qiladi. Soha olimlari tomonidan topinamburning 40, 60 va 80 °C haroratlarda konvektiv quritilishi o‘rganilib, Page modeli quritish ma‘lumotlarini eng yaxshi tavsiflagan model sifatida aniqlangan. O‘zbekistonda topinamburni quyosh kollektori va fazaviy o‘zgarish materiallari bilan integratsiyalangan quyosh quritgichida quritish bo‘yicha tadqiqotlar amalga oshirilgan. Turli mahsulotlarni quritish kinetikasi, energiya balansi, termodinamik va eksergetik ko‘rsatkichlari tahlil qilingan [6-9].

Shu bilan birga, O‘zbekistonning yuqori quyosh potentsiali yuqori bo‘lgan hududlari, xususan Qashqadaryo sharoitida topinamburni mahalliy iqlim parametrlari bilan bog‘langan quyosh quritish modeli asosida tadqiq qilish dolzarb va ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Tadqiqot maqsadi-topinamburni quyosh energiyasi yordamida quritish jarayonining kinetik qonuniyatlarini aniqlash, energiya balansiga jarayon va iqlim parametrlarining ta‘sirini baholash uchun quritish jarayonini matematik modellash va hisoblash metodikasini ishlab chiqishdan iborat.

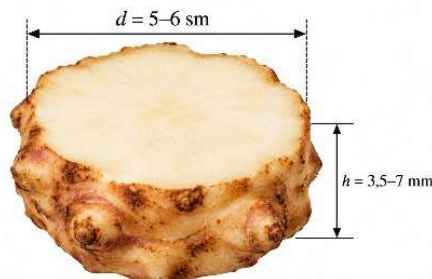
Tadqiqot vazifalari:

1. Topinambur namligining quritish vaqti bo‘yicha o‘zgarishini aniqlash.
2. Quritish haroratining kinetik parametrlarga ta‘sirini baholash.
3. Namlik nisbatini hisoblash.
4. Quritish tezligini aniqlash.
5. Yassi kesimli topinambur namunasini issiqlik o‘tkazuvchanligini modellash va hisoblash.
6. Effektiv namlik diffuziya koeffitsiyentini hisoblash.
8. Quyosh quritish tizimining energetik samaradorligini baholashdan iborat.

2. Materiallar va tadqiqot usullari

2.1. Tadqiqot obyekti.

Tadqiqot obyekti sifatida yangi yig‘ib olingan topinambur ildizmevasi - *Helianthus tuberosus* L. qabul qilindi. Topinambur namunalari dastlab yuviladi, tashqi namlikdan tozalanadi va bir xil geometrik o‘lchamda kesiladi. Mahsulot namunalari yassi disk shaklida tayyorlandi va asosiy geometrik o‘lchamlari aniqlandi (1-rasm).



1-rasm. Topinambur namunasi.

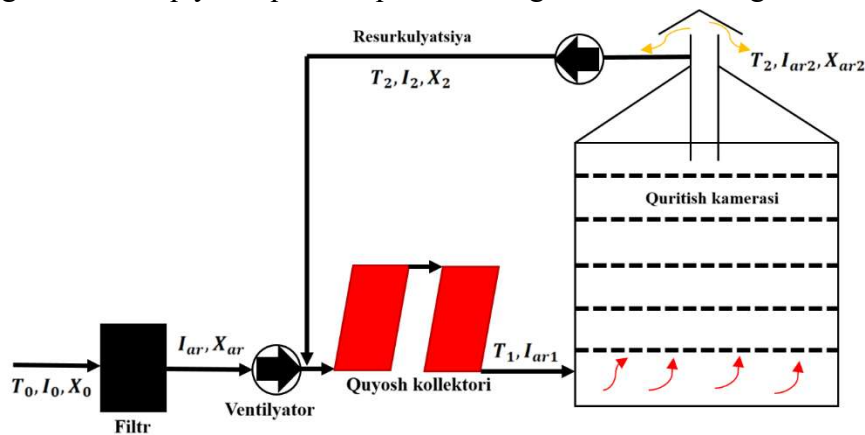
Tajribada quyidagi parametrlar qabul qilindi:

- kesma qalinligi - 3, 5 va 7 mm;
- quritish harorati - 40, 50 va 60 °C;
- havo tezligi - 0.5-2.0 m/s.

Tadqiqotlar Qarshi davlat texnika universiteti “Muqobil energiya manbalari” ilmiy poligonida joylashgan quyosh quritish qurilmasida bajarildi. Bunda quyidagi asosiy parametrlar tabiiy sharoitda o‘lchashlar orqali havo harorati, quritish kamerasi harorati, nisbiy namlik, quyosh radiatsiyasi, havo tezligi e‘tiborga olindi.



Quyidagi 2-rasmda quyosh quritish qurilmasining sxemasi keltirilgan.



2-rasm. Quyosh quritish qurilmasining sxemasi.

bu yerda, T_0, I_0, X_0 – tashqi havoning harorati, entalpiyasi va namlik saqlami, T_1 – quyosh kollektoridan chiqishdagi havo harorati, T_2, I_2, X_2 – quritish kamerasidan chiqishdagi havoning harorati, entalpiyasi va namlik saqlami, I_{ar}, X_{ar} – havo aralashmasining entalpiyasi va nam saqlami.

3. Quritish jarayonining matematik modeli

Quritish kinetikasini baholashda birinchi asosiy parametr - namlik nisbati.

$$m_R = \frac{m_t - m_e}{m_0 - m_e} \quad (1)$$

bu yerda: m_0 – boshlang'ich namlik miqdori, %; m_t – t vaqtidagi namlik miqdori, %; m_e – muvozanat namligi, %, t-vaqt, sek.

Agar m_e juda kichik bo'lsa, amaliy hisoblarda:

$$m_R = \frac{m_t}{m_0} \quad (2)$$

deb qabul qilish mumkin.

Quritish tezligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi.

$$d_R = - \frac{m_{t+\Delta t} - m_t}{\Delta t} \quad (3)$$

Bu parametr topinamburda namlik chiqarish jarayonining qaysi bosqichda intensivroq ekanini ko'rsatadi.

4. Yupqa qatlamli quritish modellari

Ushbu tadqiqot ishida kamida 5 ta modelni solishtirish mumkin.

Newton modeli:

$$m_R = \exp(-kt) \quad (4)$$

Page modeli:

$$m_R = \exp(-kt^n) \quad (5)$$

Henderson-Pabis modeli:

$$m_R = a \exp(-kt) \quad (6)$$

Logoritmlic modeli:

$$m_R = a \exp(-kt) - c \quad (7)$$

Midili-Kucuk modeli:

$$m_R = a \exp(-kt^n) + bt \quad (8)$$

Ushbu modellar qishloq xo'jaligi mahsulotlarini quyosh energiyasi asosida quritish jarayonlarida qo'llanilishi tadqiqotlarning natijalarini asoslash imkonini beradi.

Ayniqsa, Midilli-Kucuk modeli empirik va yarim nazariy yondashuvni birlashtirgani uchun quritish egri chiziqlarini yuqori aniqlikda ifodalash imkonini beradi.

5. Effektiv namlik diffuziya koeffitsiyenti.

Quritish jarayonining fizik mexanizmini baholash uchun Fikning ikkinchi qonunidan foydalanish mumkin:



$$m_R = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \exp \left[-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 Deff t}{4L^2} \right] \quad (9)$$

Quritish jarayonini uzoq muddatli qilish uchun:

$$\ln(m_R) = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 Deff}{4L^2} t \quad (10)$$

$$Deff = -\frac{4L^2 d \ln(m_R)}{\pi^2 dt} \quad (110)$$

6. Harorat ta'siri va Arrhenius modeli:

Turli quritish haroratlarida $Deff$ aniqlangandan keyin:

$$Deff = D_0 \exp \left(-\frac{E_a}{RT} \right) \quad (12)$$

tenglamasidan foydalaniladi.

12-ifodaning logarifmlangan ko'rinishi quyidagicha yoziladi:

$$\ln Deff = \ln D_0 - \frac{E_a}{RT} \cdot \frac{1}{T} \quad (13)$$

Bu yerda:

D_0 – diffuziya koeffitsiyentining pre-exponential factor; E_a – aktivlanish energiyasi, kJ/mol; R – universal gaz doimiysi, J/kgmol; T – absolyut harorat, K.

Topinambur namunasi yassi disk shaklida bo'lganligi sababli, quritish jarayonida issiqlik o'tkazuvchanlik sodir bo'ladi. Bu fizik jarayon mahsulotning boshlang'ich harorati, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti va qalinligiga bog'liq bo'lib, Fur'e qonuniga asosan quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (T_2 - T_1), W \quad (14)$$

Bunda, $F = \frac{\pi d^2}{4}$ – namuna kesim yuzasi, m^2 ; λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $\frac{W}{m \cdot K}$; $\delta = h$ – namuna qalinligi, m; T_1, T_2 – namunaning boshlang'ich va quritish jarayonidagi harorati, $^{\circ}C$;

Topinambur namunasi uchun tajriba tadqiqotlarida quyidagi parametrlar qabul qilindi. $F = 0,002 m^2$, $\lambda = 0,5 \frac{W}{m \cdot K}$, $\delta = 0,007 m$, $T_1 = 20^{\circ}C$, $T_2 = 60^{\circ}C$.

U holda,

$$Q = \frac{0,5}{0,007} 0,002 (60 - 20) = 5,71 W$$

Bir sutkada quritish jarayoni uchun, quyoshli kunda $t=10$ soat=36 000 sek uchun,

$$Q = 5,71 \cdot 36 000 = 205714,3 J = 205,71 kJ$$

Ya'ni, bir dona topinambur namunasi orqali quritish jarayonida 205,71 kJ issiqlik o'tadi.

Quyosh quritish qurilmasida topinamburni quritish jarayonini umumiy issiqlik balansi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_{QK} + Q_{QI} = Q_M + Q_{bug} + Q_{yo'q} + Q_{h.k.} \quad (15)$$

Bu yerda, Q_{QK} – quyosh energiyasidan olingan issiqlik, W; Q_{QI} – qo'shimcha issiqlik quvvati, W; Q_M – mahsulotni quritish kamerasida qizdirish uchun sarf qilinadigan issiqlik, W; Q_{bu} – mahsulot tarkibidagi namlikning bug'lanishiga sarf qilinadigan issiqlik, W; $Q_{yo'q}$ – quritish kamerasidan yo'qotilgan issiqlik, W; $Q_{h.k.}$ – quritish kamerasidan chiqadigan issiqlik quvvati, W.

Quyosh energiyasidan olingan issiqlik quvvati quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_{QK} = F_{kol} \cdot q_r \cdot \eta_{kol} \quad (16)$$

Yoki,

$$Q_{QK} = \int_0^t q_r(t) \cdot F_{kol} \cdot \eta_{kol}(t) dt \quad (17)$$

F_{kol} – QK yuzasi, m^2 ; q_r – quyosh radiatsiyasi intensivligi, $\frac{W}{m^2}$; η_{kol} – QKning FIKi,

Topinamburni qizdirish uchun sarflanadigan issiqlik quvvati quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_M = m_T \cdot c_p (T_2 - T_1) \quad (18)$$

m_T – topinambur massasi, kg; c_p – topinamburni solishtirma issiqlik sig'imi, J/KgK.

Mahsulotdan namlikni bug'latish uchun sarflanadigan issiqlik quvvati quyidagicha hisoblanadi:



$$Q_{bug'} = m_{suv} \cdot r \quad (19)$$

m_{suv} – bug‘langan suv massasi, kg; r – bug‘ hosil bo‘lish issiqligi, J/kg.

Quritish kamerasi devorlari orqali yo‘qotiladigan issiqlik quvvati quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_{yo'q} = kF(t_k - t_m) \quad (20)$$

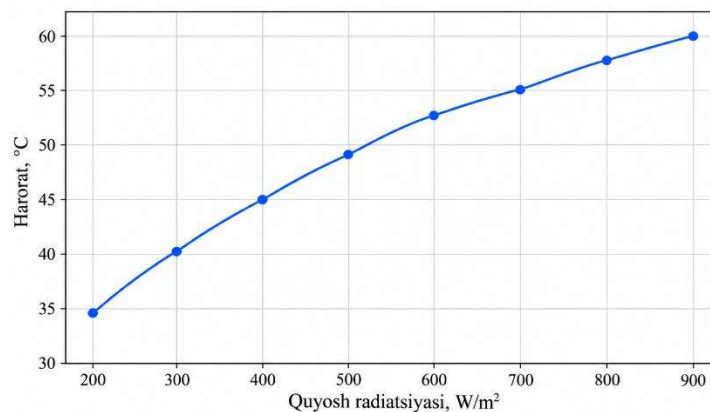
k – quritish kamerasi devorining issiqlik uzatish koeffitsiyenti, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$; F – kamera devori yuzasi, m^2 ; t_k – quritish kamerasi ichki havosi harorati, $^{\circ}C$; t_m – atrof-muhit harorati, $^{\circ}C$.

Quritish kamerasidan tashqi havo bilan yo‘qotiladigan issiqlik quyidagicha hisoblanadi:

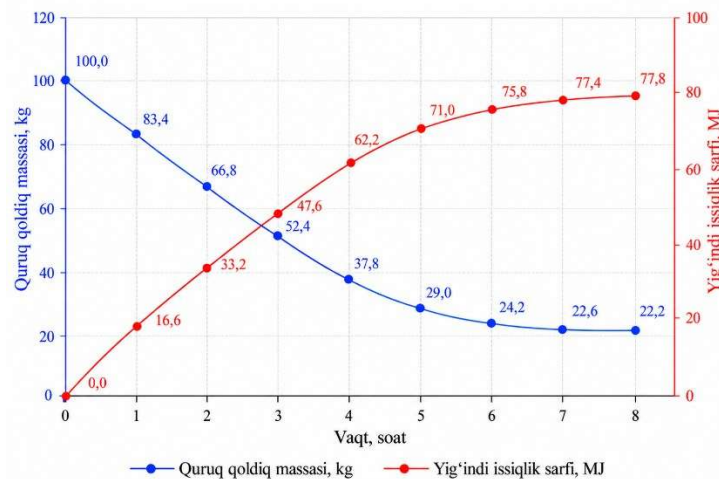
$$Q_{h.k.} = G_h c_p (T_2 - T_m) \quad (21)$$

G_h – havoning massaviy sarfi, kg/sek; c_p – havoning izobarik issiqlik sig‘imi, J/kgK; T_2 – kameradan chiqishdagi havo harorati, K.

Agar quritiladigan topinambur massasi $m_T = 100$ kg, $F_{kol} = 10$ m^2 ; $q_r = 700$ $\frac{W}{m^2}$; $\eta_{kol} = 0,45$; $t_K = 55^{\circ}C$; $t_m = 25^{\circ}C$; $W_0 = 80\%$, $W_q = 10\%$, $t = 8$ soat bo‘lgandagi hisoblash natijalari quyidagi 3 va 4-rasmlarda keltirildi.



3-rasm. Quyosh radiatsiyasiga bog‘liq ravishda quritish kamerasidagi havo haroratining o‘zgarish grafiği.



4-rasm. Topinamburni quritish jarayonida massa va yig‘indi issiqlik sarfining vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafiği.

Hisoblash natijalariga ko‘ra, $Q_{bug'} = 77,8$ kg; $m_q = 22,2$ kg; $Q_{QK} = 90,7$ MJga teng bo‘ladi.

Xulosa.

Qashqadaryo viloyati iqlim sharoitida topinamburni quyosh energiyasi asosida quritish jarayonining namlik nisbati, quritish tezligi va effektiv namlik diffuziya koeffitsienti o‘rtasidagi funksional bog‘lanishlar aniqlanib, jarayonni tavsiflovchi eng maqbul kinetik model taklif qilindi.

Dastlabki tadqiqotlar va hisoblar natijasida, 100 kg topinambur mahsulotiini yassi disk shaklidagi quritish jarayonida issiqlik balansini modellashtirish shuni ko‘rsatadiki, 8 soat davomida



22,1 kg quritilgan mahsulotni olish uchun $q_r = 700 \frac{W}{m^2}$ bo'lganda $Q_{QK} = 90,7$ MJ issiqlik zarur bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- [1]. Porniammongkol O., Duangkhamchan W., Inchuen S. Evaluation of thin-layer drying models for Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers in different drying methods // Suranaree Journal of Science and Technology. – 2014. – Vol. 21, No. 1. – P. 47–58. – DOI: 10.14456/sjst.2014.8.
- [2]. Shene C., Cabezas M. J., Bravo S. Effect of drying air temperature on drying kinetics parameters and fructan content in *Helianthus tuberosus* and *Cichorium intybus* // Drying Technology. – 2003. – Vol. 21, No. 5. – P. 945–956. – DOI: 10.1081/DRT-120021693.
- [3]. Doymaz İ. Effect of pre-treatment and air temperature on drying kinetics and quality of Jerusalem artichoke // Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. – 2018. – Vol. 19, No. 4. – P. 395–409.
- [4]. Jahromi M. S. B., Iranmanesh M., Samimi-Akhijahani H. Thermo-economic analysis of solar drying of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) integrated with evacuated tube solar collector and phase change material // Journal of Energy Storage. – 2022. – Vol. 52. – Art. 104688. – DOI: 10.1016/j.est.2022.104688.
- [5]. Antal T., Tarek M., Tarek-Tilistyák J., Kerekes B. Comparative effects of three different drying methods on drying kinetics and quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) // Journal of Food Processing and Preservation. – 2017. – Vol. 41, No. 3. – Art. e12971. – DOI: 10.1111/jfpp.12971.
- [6]. Cheng X., Pan L., Li N., Chen J. Moisture diffusivity characteristics and model fitting of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) during microwave vacuum drying // Science and Technology of Food Industry. – 2022. – Vol. 43, No. 6. – P. 33–40. – DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070048.
- [7]. Puyanda I. R., Uriyapongson S., Uriyapongson J. Influence of drying method on qualities of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber harvested in Northeastern Thailand // Songklanakarin Journal of Science and Technology. – 2020. – Vol. 42, No. 6. – P. 1279–1285. – DOI: 10.14456/sjst-psu.2020.166.
- [8]. Evaluating solar drying effects and machine learning models for nutritional quality of Jerusalem artichoke // Journal of Food Composition and Analysis. – 2025. – Vol. 147. – Art. 108086. – DOI: 10.1016/j.jfca.2025.108086. (Mualliflar aniqlashtirilishi kerak.)
- [9]. Rudy S., Dziki D., Biernacka B., Polak R., Krzykowski A., Domin M., Rudzki G., Kachel-Górecka M. Drying kinetics and physicochemical characteristics of dehydrated Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) // Processes. – 2025. – Vol. 13, No. 8. – Art. 2553. – DOI: 10.3390/pr13082553.
- [10]. Karacabey E., Baltacıoğlu C., Çevik M. Microwave drying of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) // Akademik Gıda. – 2011. – Vol. 9, No. 6. – P. 13–22.