AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

Xalilova Xonzodabegim Mirzaaziz qizi
“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti 2-bosqich magistranti
e-mail: uraimovaxonzodabegim649@gmail.com
tel: (+998 976580373)
https://orcid.org/0009-0005-9768-3083



Khasanova Kholida Ibodullayevna
“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizaisyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti PhD dotsent
e-mail: kholida_khasanova@yahoo.com
https://orcid.org/0009-0004-6054-4701

Халилова Хонзодабегим Мирзаазиз кизи
магистрант 2 курса, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»



Хасанова Холида Ибодуллаевна
PhD, доцент, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Khalilova Khonzodabegim Mirzaaziz qizi
First-year Master's Student, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University

Kh asanova Kholida Ibodullayevna
PhD, Associate Professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University

ANJIR MEVASINI QURITISH TEXNOLOGIYALARINING ILMIY TAHLILI.

Annotasiya. Ushbu maqolada anjir (Ficus carica L.) mevasini turli usullarda-tabiiy quyoshda, issiq havoda, quyosh (solar), mikroto’lqinli, osmotik degidratatsiya kombinatsiyasi hamda vakuumli sublimatsiya va infraqizil bilan uyg‘unlashgan usullarda quritishga doir Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan ilmiy adabiyotlar tahlili keltirilgan. Tadqiqot muammosi sifatida anjir mevasining yuqori namligi (taxminan 80 %) tufayli tez buzilishi, quritish jarayonidagi sifat yo’qotilishlari va energiya samaradorligining pastligi olingan. Tahlil şuni ko’rsatdiki, tabiiy quyoshda quritish 5-7 kun vaqt oladi va mikrobiologik kontaminatsiya, aflatoksin xavfi hamda askorbin kislotasi yo’qotilishiga olib keladi; issiq havo bilan quritishda (60 °C) qovurilish indeksi oshib, sifat pasayadi; osmotik degidratatsiya yordamida oldindan tayyorlash issiq havo bilan quritish vaqtini 30-50 % ga qisqartirish va energiya sarfini 31-42 % ga kamaytirish imkonini beradi, ammo birikmalarning siropga sizib o’tişi va oqsil-ishqor muvozanatining buzilishi kuzatiladi; gibrid quyosh quritgichi mahsulot xavfsizligi va fenolik birikmalarni saqlash bo’yicha ustunlikka ega; vakuumli sublimatsiya va infraqizil yordamida bosqichma-bosqich amalga oşiriladigan kombinatsiyalangan quritish esa eng yuqori sifat ko’rsatkichlarini ta’minlaydi, biroq kapital xarajatlari yuqori. Maqolada har bir usulning natijalari, afzalliklari va kamchiliklari qiyosiy tahlil qilinib, resurstejamkor texnologiyalarni joriy etish bo’yiça takliflar ishlab chiqilgan.

AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

Kalit so’zlar: anjir, Ficus carica, quritish texnologiyasi, osmotik degidratatsiya, quyosh quritgichi, issiq havo bilan quritish, mikroto‘lqinli quritish, vakuumli sublimatsiya, energiyatejamkorligi, mahsulot sifati, fenolik birikmalar, aflatoksinlardan himoyalanish

Аннотация. В данной статье представлен анализ научных работ, индексированных в базах Scopus и Web of Science, посвящённых сушке плодов инжира (Ficus carica L.) различными методами: естественной солнечной, горячим воздухом, солнечной (солнечной сушилкой), микроволновой, комбинацией осмотической дегидратации, а также вакуумной сублимационной и инфракрасно-ассистированной сушкой. Проблемой исследования является высокая скоропортность плодов из-за высокой влажности (~80 %), потери качества в процессе сушки и низкая энергоэффективность. Анализ показал, что естественная солнечная сушка занимает 5–7 суток и приводит к микробиологической контаминации, риску афлатоксинов и потере аскорбиновой кислоты; при горячем воздухе (60 °C) возрастает индекс потемнения и снижается качество; осмотическая дегидратация как предварительная обработка сокращает время горячего воздуха на 30–50 % и снижает энергозатраты на 31–42 %, однако выявлены выщелачивание соединений в сироп и нарушение кислотно-белкового баланса; гибридная солнечная сушилка превосходит по безопасности и сохранности фенольных соединений; вакуумная сублимационная и ИК-ассистированная сегментная комбинированная сушка обеспечивает наивысшее качество, но требует высоких капитальных затрат. Проведён сравнительный анализ результатов, преимуществ и недостатков каждого метода и разработаны предложения по внедрению ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: инжир, Ficus carica, технология сушки, осмотическая дегидратация, солнечная сушилка, горячий воздух, микроволновая сушка, вакуумная сублимация, энергосбережение, качество продукта, фенольные соединения.

Abstract. This article presents an analysis of scientific publications indexed in Scopus and Web of Science databases on drying fig fruits (Ficus carica L.) by various methods: natural sun drying, hot-air, solar-assisted, microwave, osmotic dehydration combined with air drying, and vacuum freeze drying combined with infrared-assisted segmented drying. The research problem is the high perishability of fig fruits due to their high moisture content (~80%), quality losses during drying and low energy efficiency. The analysis showed that natural sun drying takes 5–7 days and leads to microbiological contamination, aflatoxin risk and loss of ascorbic acid; hot-air drying at 60 °C increases the browning index and reduces quality; osmotic dehydration as a pretreatment shortens hot-air drying time by 30–50% and reduces energy consumption by 31–42%, however leaching of compounds into the syrup and imbalance of the acid–protein profile were observed; hybrid solar drying is superior in safety and phenolic compound retention; vacuum freeze drying combined with infrared-assisted segmented drying provides the highest quality but requires high capital costs. A comparative analysis of results, advantages and disadvantages of each method is given and proposals for the introduction of resource-saving technologies are developed.

Key words: fig, Ficus carica, drying technology, osmotic dehydration, solar dryer, hot-air drying, microwave drying, vacuum freeze drying, energy saving, product quality, phenolic compounds.

KIRISH

Anjir (Ficus carica L.) mavjud eng qadimiy madaniy mevalardan biri bo‘lib, O‘rta yer dengizi havzasidan tortib Markaziy Osiyogacha bo‘lgan mintaqalarda keng tarqalgan. Mevasi yuqori miqdorda monosaxaridlar, oqsil, kaliy, kalsiy, temir, A, B1, B2, C vitaminlari, şuningdek, fenolik birikmalar va flavonoidlarga boy bo‘lib, kattalar va bolalar salomatligi uchun foydali hisoblanadi [1; 3]. Shu bilan birga, anjir mevasining namligi 78–80 % ga yetgani sababli, xona haroratida 1–2 kun ichida buzilishi mumkin. Rivojlanayotgan mamlakatlarda hosil yig‘ib olingandan keyingi yo‘qotishlar 30 % dan oshadi [4; 5]. Shu sababli quritish anjirni saqlashning eng dolzarb usullaridan biri sanaladi.

AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

Quritish jarayonining mohiyati mevadan namlikni chiqarib tashlash orqali suv faolligini (aw) xavfsiz darajagacha pasaytirish va mikroorganizmlarning ko‘payishini cheklashdan iborat. Biroq quritish usulining tanlanishi mahsulotning mikrobiologik xavfsizligi, rangi, tuzilishi, ta’mi, biologik faol birikmalarning saqlanishi hamda jarayonning energiya sarfiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [2; 6]. Anjirning qishloq xo‘jaligidagi ahamiyatini hisobga olgan holda, mavjud quritish texnologiyalarini ilmiy asosda qiyosiy tahlil qilish dolzarb hisoblanadi.

Maqolaning maqsadi-anjir mevasini quritishning turli texnologiyalari (tabiiy quyoshda, issiq havo yordamida, quyosh energiyasiga asoslangan, mikroto‘lqinli, osmotik degidratatsiya bilan kombinatsiyalangan, sublimatsion va infraqizil usullar) bo‘yicha Scopus bazasida indekslangan ilmiy maqolalar asosida qiyosiy tahlil o‘tkazish, har bir usulning natijalari, afzalliklari va kamchiliklarini aniqlash hamda resurs tejamkor quritish texnologiyalarini joriy etish bo‘yicha takliflar ishlab chiqishdan iborat. Maqolaning vazifalari:

1. Mavzuga oid ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish.
2. Quritish usullarining texnologik jarayonlari va sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha qiyosiy tahlilini o‘tkazish.
3. Energiya sarfi va mahsulot sifati o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash.
4. Anjirni quritish texnologiyalarining kamchiliklarini aniqlash va mahsulot yo‘qotishlarini kamaytirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqish.

MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING SHARHI

Mavzuga oid ilmiy tadqiqotlar asosan ikki yo’nalishda shakllangan. Birinchi yo’nalish-anjirning morfologik, kimyoviy tarkibi va quritishga biokimyoviy javobini o’rganish. W.N.M. Desa, M. Mohammad va A. Fudholi (2019) anjir quritish texnologiyalarining umumlashtiruvchi sharhini taqdim etib, oldindan tayyorlash, havo quritishi va quyoshda quritish kabi usullarda kukunli zamburug’lar paydo bo’lishi mumkinligini ko’rsatdi [2]. A. Slatnar va hammualliflari (2011) quyosh va shkaf quritishining shakar, organik kislotalar va fenol birikmalar tarkibiga ta’sirini HPLC-MS usulida o’rganib, quritilgan anjir fenol birikmalarining yaxshi manbai ekanini asosladi [3]. A. Piga va hammualliflari (2004) issiq havo quritishining kinetikasi va sifat yo’qotishlarini baholab, blanshirlash va sulfatlash oldindan beriladigan ishlovlarining jarayon vaqtini qisqartirishini (54 soatdan 33–37 soatga) ko’rsatdi, biroq buning natijasida askorbin kislotasi sezilarli yo’qotilganini qayd etdi [6].

Ikkinchi yo’nalish-quritish usullarini optimallashtirish va yangi energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishga bag’ishlangan. L. Hssaini va hammualliflari (2021) Marokkoda o’sadigan ikki nav anjirning konveksion quritish kinetikasi, energiya samaradorligi va matematik modellashtirishini o’rganib, Fick qonuni asosida diffuziya koeffitsientlarini hisoblab chiqdi [7]. F. Ullah (2016) tekis plastinali quyosh kollektorli quritgichning anjir quritishga ta’sirini baholab, quyosh quritish samaradorligini oshirish mumkinligini ko’rsatdi [8]. Sun’iy (60°C) va quyosh (29–31°C) quritishni solishtirgan tadqiqotda esa sun’iy usul nam va suv faolligini tezroq kamaytirgani, ammo qorayish indeksining oshishi va yorqinlikning pasayishi kuzatilgani qayd etilgan [9].

So’nggi yillarda kombinatsiyalangan va fizikaviy maydonlarga asoslangan texnologiyalar jadal rivojlanmoqda. Osmotik degidratatsiya (OD) bilan issiq havo quritishini kombinatsiyalash 31,1% gacha energiya tejash va mahsulot sifatini oshirish imkonini bergan [10]. Gibrid quyosh quritgichida quyoshda quritilgan namunalardan farqli o’laroq zamburug’lar rivojlanishi kuzatilmagan va rutin kabi fenol birikmalar yuqoriroq saqlangan [5]. Ultratovushli, osmotik blanshirlash va oltingugurtli oldindan ishlovlar bilan quyoshda quritishda biofaol birikmalar ancha yaxshi saqlangan [4]. Infraqizil-assotsiatsiyalangan vakuumli sublimatsiya (VFD) bilan segmentlangan kombinatsiyalangan quritish esa sifat ko’rsatkichlari bo’yicha barcha usullardan ustun chiqdi [11]. Umuman olganda, mavzuga oid Scopus bazasidagi 150 dan ortiq maqola qayd etilishiga qaramay, usullarning qiyosiy iqtisodiy-sifat tahlili va mintaqaviy sharoitlarga moslashtirish bo’yicha tadqiqotlar yetarli emasligi mavzuning ilmiy ahamiyatini ko’rsatadi.

AGROINNOVATSIYA jurnali
Volume 04, Issue 05, 2026 ISSN (E): 3030-3249
06.00.00 – Qishloq xo‘jaligi
Crossref DOI Prefix: 10.68240

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot tizimli ilmiy tahlil metodologiyasiga asoslangan bo’lib, unda quyidagi bosqichlar ko’rildi. Birinchidan, Scopus, ScienceDirect, PubMed va Google Scholar elektron qidiruv tizimlarida «fig drying», «Ficus carica dehydration», «osmotic dehydration fig», «solar drying fig» kabi so’rovlar bo’yicha 2011–2026 yillarda nashr etilgan ilmiy maqolalar tanlab olindi. Tanlash mezonlari sifatida maqolaning referent bazada indekslanganligi, tajriba (eksperimental) ma’lumotlarga ega bo’lishi va sifat hamda energiya ko’rsatkichlarini qamrab olgan maqolalar tanlab olindi.

Ikkinchidan, tanlangan tadqiqotlar usul tasnifi bo’yicha guruhlandi: 1) tabiiy quyoshda quritish; 2) issiq havo (cabinet/tray) quritish; 3) quyosh (solar tunnel, gibrid solar) quritish; 4) mikroto’lqinli va mikroto’lqin-vakuumli quritish; 5) osmotik degidrataysiya bilan kombinatsiyalangan quritish; 6) vakuumli sublimatsiya va infraqizil-assotsiatsiyalangan segmentlangan quritish. Uchunchidan, har bir guruh uchun quyidagi ko’rsatkichlar qiyosiy matritsaga jamlanildi: quritish vaqti, harorat, yakuniy namlik/suv faolligi, energiya sarfi (mavjud bo'lganda), rang (L*, ΔE, qorayish indeksi), tuzilish (qattiqlik, qisqarish), kimyoviy saqlanish (askorbin kislotasi, fenolik umumiy miqdori, antioksidant faollik), mikrobiologik xavfsizlik va saqlash muddati. To'rtinchidan, natijalar statistik va tavsifiy tahlil usullari (o'rtacha qiymatlar, solishtirish foizlari) yordamida umumlashtirildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

1. Tabiiy quyoshda quritish. An’anaviy usulda mevalar to’g’ridan-to’g’ri quyosh nuriga 5-7 kun davomida ta’sir etiladi. Tadqiqotlar shuni ko’rsatadiki, bunday usul bir necha jiddiy kamchilikka ega: mahsulat qum va chang bilan ifloslanadi, hasharotlar, qurtlar va mikroorganizmlar (Alternaria, Aspergillus niger, Cladosporium, Fusarium turlari) tahdidi ostida qoladi, aflatoksin hosil bo’lish xavfi mavjud, bevosita quyosh nuri askorbin kislotasi tarkibiga va rangga salbiy ta’sir ko’rsatadi [2; 12]. Namlik 29% atrofida qolgan namunalarda 4 hafta ichida zamburug’ paydo bo’lishi kuzatilgan [5]. Bunga qaramay, usul energiya xarajatisizligi tufayli kichik fermer xo’jaliklarida hozirgacha keng qo’llaniladi.

2. Issiq havo quritish. Shkaf tipidagi quritgichlarda 55-70°C da jarayon boshqariladigan sharoitda o’tkaziladi. Yunonistonda o’tkazilgan tadqiqotda quyosh (29–31°C) va issiq havo (60°C) solishtirilganda, so’nggi usul namlik va suv faolligini tezroq kamaytirgan, ammo umumiy rang o’zgarishi (ΔE) va qisqarish oshib, yorqinlik (L*) pasayib, qorayish indeksining ko’tarilgani aniqlandi [9]. Blanshirlash va sulfatlash oldindan ishlovlari quritish vaqtini 54 soatdan 33-37 soatga qisqartirdi, lekin askorbin kislotasi keskin kamaydi [6]. Bu-issiqlikka sezgir birikmalarning uzoq harorat ta’sirida yo’qolishi bilan bog’liq.

3. Quyosh (solar) quritish-tabiatdagi va energiya tejamkor usul. Hindistondagi tadqiqotda quyosh tunnellik quritish, quritish vaqtini quyoshda qurutganidan 27%, tunelli (tray) quritishdan esa 63% ga qisqartirishni ko'rsatdi; umumiy qabul qilinish (9 ballik shkalada) quyosh (5,1), quyosh tunneli (6,9), mikroto’lqin (7,7) va tunelli (7,9) uchun mos ravishda qayd etildi [13]. Marokko tog’li mintaqasida tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichi quritish muddatini 10 kundan 4 kunga qisqartirdi, quritish chiqimi 38,7%, TSS 63,7% ga yetdi [14]. Portugaliyada «Pingo de Mel» navidagi anjirda olib borilgan tadqiqotda an’anaviy quyosh (5-7 kun) va gibrid quyosh quritgich (3 kun/71 soat, 45-55°C, 560 Vt quyosh +1 kVt elektr qarshiligi) taqqoslanganda yakuniy namlik (29,43% va 28,14%) va suv faolligi (0,68 va 0,63) yaqin bo'lsa-da, gibrid usulda zamburug’ paydo bo’lishi umuman kuzatilmadi va fenol birikmalar, xususan rutin va 5-O-kaffeoylkinik kislota, yuqoriroq saqlangan [5]. Quyosh quritishining asosiy kamchiligi-ob-havoga bog’liqlik va nazorat qilishning murakkabligidir.

4. Mikroto’lqinli quritish. Mikroto’lqinli energiya meva ichida issiqlik hosil qilib, quritish vaqtini keskin qisqartiradi: yuqoridagi tadqiqotda mikroto’lqinli usulda quritish 16 soatni tashkil etib (quyoshda 66 soat), vaqtning 75% tejalgani qayd etildi [13]. F. Sharifian va hammualliflari (2013) anjirni mikroto’lqinli quritishda rang o’zgarishlarining kinetikasini o’rganib, past quvvatli (150–500 Vt) rejimlarda rang buzilishini kamaytirish mumkinligini ko’rsatdi [15]. Biroq mikroto’lqinli

quritishda sirt qovurilishi (case hardening), bir xilsizlik va uskunaning sementlik xarajatlari kamchilik sifatida qayd etiladi.

5. Osmotik degidratatsiya (OD) bilan kombinatsiyalangan issiq havo quritishi-eng istiqbolli resurstejamkor yo’lidir. Yunon olimlari tomonidan o’tkazilgan tadqiqotda optimal OD sharoitlari (45°C, 90 daqiqa, meva/eritma nisbati 1/4) tanlab olindi: suv yo’qotishi 2,17 g suv/g h.d.m., quruq modda ortishi 0,19 g/g h.d.m., suv faolligi 0,986 dan 0,929 ga tushdi [10]. OD oldindan ishlovi 60°C da havoda quritish vaqtini 21 soatdan 12 soatga (so'ngra aniqroq o'lchovda 16,1 soatdan 11,2 soatga, 70°C da) qisqartirdi; energiya sarfi 60°C da 480 dan 331 MJ/kg ga (31,1% tejash), 50°C da esa 42,5% ga kamaydi; qattiqlik 40-70% ga pasayib, mahsulot yumshoqroq bo’ldi; saqlash muddati 25°C da nazorat namunasiga nisbatan 9,9 oydan 13,7 oyga cho’zildi. Shu bilan birga kamchiliklar ham aniqlandi: OD jarayonida tabiiy kislotalar, askorbin kislotasi (taxminan 50% ga kamaydi) va pigmentlar eritmaga sizib chiqadi, rangning qiziligi (a* qiymati) pasayadi, mevaga qo’shimcha quruq modda (gliserol, qo’shimcha 3,0% gliserol tarkib) o’zlashtiriladi [10]. Demak, usul energiya va sifat jihatdan samarali bo’lsa-da, birikma balansini hisobga olgan holda eritma tarkibi va jarayon parametrlarini optimallashtirish talab etiladi.

6. Vakuumli sublimatsiya (VFD) va infraqizil-yordamli bosqichma-bosqich kombinatsiyalangan quritish. 2026-yilda LWT jurnalida chop etilgan tadqiqotda anjir dilimlarini issiq havo (HAD), infraqizil-yordamli issiq havo (IR), vakuumli sublimatsiya (VFD) hamda vakuumli sublimatsiya va issiq havo quritish usullarini bosqichma-bosqich qo‘llash orqali quritish jarayonlari o‘rganilgan. Natijalarga ko‘ra, bosqichma-bosqich kombinatsiyalangan quritish mahsulotning mikrostrukturasi, tabiiy rangi, qayta namlanish qobiliyati va biofaol birikmalarini saqlash bo‘yicha yuqori samaradorlik ko‘rsatgan. Ushbu usul sublimatsion quritishning sifat afzalliklarini issiq havo quritishining tezligi va iqtisodiy samaradorligi bilan uyg‘unlashtiradi [11]. Boshqa mevalarda olib borilgan tadqiqotlar ham sublimatsion quritishda antioksidant faollik va fenolik birikmalar konveksion quritishga nisbatan yaxshiroq saqlanishini tasdiqlaydi. Bunda antioksidant faollikning pasayishi 20-55 foizni, konveksion quritishda esa 46–68 foizni tashkil etgan [16]. Mazkur texnologiyaning asosiy cheklovlari uskunalarning yuqori narxi va quritish jarayonining uzoq davom etishidir.

Quyidagi jadvalda usullarning qiyosiy tahlili umumlashtirilgan:

Quritish usuli	**Quritish vaqti**	**Harorat**	**Asosiy natijalar**	**Asosiy kamchiliklar**
Tabiiy quyosh	5-7 kun	29-31°C	Namlik ~29%; energiya xarajati yo’q; qabul qilinish 5,1 ball	Ifloslanish, aflatoksin xavfi, askorbin kislotasi yo’qolishi, rang buzilishi
Issiq havo (shkaf)	33-54 soat	55-70°C	Jarayon boshqariladi; mikrobiologik barqarorlik; 12 h da TSS 63,7% gacha	Qorayish indeksining oshishi, qisqarish, askorbin kislotasi yo’qolishi, energiya sarfi yuqori
Quyosh tunnellik	48 soat	quyosh energiyasi	Vaqtni 27% qisqartirish; qabul qilinish 6,9 ball	Ob-havoga bog’liq, mahsulot ifloslanishi ehtimoli
Gibrid quyosh	3 kun (71 soat)	45-55°C	Zamburug’siz, rutin va 5-O-KQA yuqori saqlangan; suv faolligi 0,63	Dastlabki investitsiya; kichik quvvat (800 l)
Mikroto’lqinli	16 soat	150-500 Vt	Vaqtni 75% qisqartirish; qabul qilinish 7,7 ball	Sirt qovurilishi, bir xilsizlik, qimmat uskuna

OD + issiq havo	12 soat (60°C)	OD: 45°C/90 min; quritish 50-70°C	Energiya tejash 31-42%; qattiqlik 40-70% kam; saqlash 13,7 oy	Kislotalar va askorbin kislotasining eritmaga sizishi, rangning qiziligi pasayishi
VFD + IR segmentlangan	eng qisqa (segmentli)	sublimatsiya rejimi	Eng yuqori sifat: tuzilish, rang, re-gidratasiya, biofaol birikmalar	Eng qimmat uskuna; murakkab texnologiya

Umumlashtirilgan tahlil shuni ko’rsatadiki, har bir usul o’zining «vaqt-sifat-energiya-xavfsizlik» tenglamasiga ega: tabiiy usul tekin, ammo xavfsizlik va sifatni talab etadi; issiq havo barqaror, lekin energiya intensiv va sifat yo’qotuvchi; OD kombinatsiyasi resurstejamkorlik va sifat o’rtasidagi muvozanatni ta’minlaydi; sublimatsiyali usullar premium mahsulot uchun mo’ljallangan. Shu bilan birga, deyarli barcha tadqiqotlarda uchraydigan umumiy kamchilik-jarayon parametrlarining nav, iqlim va uskunaga bog’liqligi tufayli natijalarning takrorlanmasligi hamda iqtisodiy baholarning yetishmasligi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot maqsadiga erishildi: anjir mevasini quritishning yettita asosiy texnologiyasiga oid Scopus bazasidagi ilmiy maqolalar qiyosiy tahlil qilindi. Asosiy natijalar quyidagilardan iborat:

1. Tabiiy quyoshda quritish eng kam xarajatli, ammo eng xavfli usul bo’lib, mikrobiologik kontaminatsiya, aflatoksin xavfi va askorbin kislotasi yo’qotilishiga olib keladi; uni bosqichma-bosqich gibrid va bilvosita quyosh quritgichlar almashtirishi maqsadga muvofiq.

2. Issiq havo quritishida (60°C) qorayish indeksi oshib, yorqinlik va askorbin kislotasi yo’qoladi; oldindan ishlovlar (blanshirlash, sulfatlash) vaqtini qisqartiradi, lekin to’liq sifat masalasini hal etmaydi.

3. Osmotik degidratatsiya (45°C, 90 min) bilan kombinatsiyalangan issiq havo quritishi energiya sarflashni 31–42% ga kamaytirish, qattiqlikni 40-70% ga pasaytirish va saqlash muddatini 9,9 oydan 13,7 oyga uzaytirish orqali resurstejamkor quritishning eng istiqbolli modeli ekanligi isbotlandi. Uning kamchiliklari-birikmalarning eritmaga chiqishi va rangning qiziligi pasayishi-eritmani qayta ishlash va jarayon parametrlarini optimallashtirish orqali yumshatilishi mumkin.

4. Gibrid quyosh quritgich mahsulot xavfsizligi (zamburug'sizlik) va fenolik birikmalar saqlanishi bo’yicha tabiiy quyoshdan aniq ustun, kichik fermer xo’jaliklari uchun amaliy yechim sifatida tavsiya qilaman.

5. Vakuumli sublimatsiya va infraqizil-assotsiatsiyalangan segmentlangan kombinatsiyalangan quritish sifat bo’yicha yetakchi, biroq yuqori kapital xarajatlari tufayli faoliyat faqat premium segment mahsulot ishlab chiqarishda iqtisodiy jihatdan asoslangan.

Takliflar: a) anjir quritish korxonalarida OD oldindan ishlovi qo’llanilgan kombinatsiyalangan issiq havo texnologiyasini joriy etish; b) kichik xo’jaliklar uchun tabiiy konveksiyali bilvosita gibrid quyosh quritgichlarini yo’lga qo’yish; c) har bir usul uchun nav va iqlimga mos parametrlar reyestri tuzish hamda quritilgan mahsulotda aflatoksin monitoringini joriy etish; d) sublimatsiyali segmentli texnologiyalarni mahalliy uskunalar bazasi bilan jihozlash bo’yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borish; e) energiya sarfi va sifat ko’rsatkichlarini birga baholovchi universal baholash metodikasini ishlab chiqish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] Desa W.N.M., Mohammad M., Fudholi A. Review of drying technology of fig // Trends in Food Science & Technology. – 2019. – Vol. 85. – P. 25–36.

[2] Slatnar A., Klancar U., Stampar F., Veberic R. Effect of drying of figs (Ficus carica L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2011. – Vol. 59, No. 21. – P. 11696–11702.

[3] Vinson J.A., Zubik L., Bose P., Samman N., Proch J. Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants // Journal of the American College of Nutrition. – 2005. – Vol. 24, No. 1. – P. 44–50.

[4] Kaveh M., Taghinezhad E., Aziz M. Solar-dried fig quality: A comparative study of ultrasonic, ohmic blanching, and sulfur dioxide pre-treatments on bioactive retention, antioxidant activity, and physical properties // Biosystems Engineering. – 2025. – Vol. 250. – P. 189–204.

[5] Vilela A., Sousa A., Oliveira J. A comparative study of traditional sun drying and hybrid solar drying on quality, safety, and bioactive compounds in 'Pingo de Mel' fig // Foods. – 2024. – Vol. 13, No. 17. – P. 2845.

[6] Piga A., Pinna I., Ozer K.B., Agabbio M., Aksoy U. Hot air dehydration of figs (Ficus carica L.): drying kinetics and quality loss // International Journal of Food Science & Technology. – 2004. – Vol. 39, No. 8. – P. 793–799.

[7] Hssaini L., Charafi J., Razouk R., El abbouyi A., Hernando I., Ibarz A., Ballesteros R. Kinetics, energy efficiency and mathematical modeling of fig drying // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11. – P. 20722.

[8] Ullah F., Shinwari Z.K., Afridi I. Impact of drying method of figs with small-scale flat-plate solar collector on the quality of dried product // World Journal of Engineering. – 2016. – Vol. 13, No. 5. – P. 407–413.

[9] Krokida M.K., Karathanos V.T. Sun drying and hot air drying of figs: performance evaluation // Acta Horticulturae. – 2015. – Vol. 1173. – P. 489–494.

[10] Dermesonlouoglou E., Panagiotou N., Giannakourou M., Taoukis P. Dried figs quality improvement and process energy savings by combinatory application of osmotic pretreatment and conventional air drying // Foods. – 2021. – Vol. 10, No. 9. – P. 2078.

[11] Li M., Zhou X., Huang Z. et al. Vacuum freeze and infrared-assisted hot air segmented combined drying of fig slices: drying characteristics, physicochemical properties, and moisture migration // LWT – Food Science and Technology. – 2026. – Vol. 212. – P. 118562.

[12] Semenov G.V., Zueva E.P. Influence of freezing and drying on phytochemical properties of various fruits // Asian Biotechnology and Development Review. – 2016. – Vol. 18, No. 2. – P. 45–56.

[13] Thonta S.S., Patil V.K. Studies on dehydration of fig (Ficus carica L.) // Journal of Agricultural Research and Technology. – 2014. – Vol. 39, No. 2. – P. 289–294.

[14] Bargach M.N., Tadili R. Design and performance study of a natural convection solar dryer for figs // Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria. – 2018. – Vol. 17, No. 4. – P. 359–365.

[15] Sharifian F., Modarres-Motlagh A., Rahimi-Khah V., Jafari A. Colour change analysis of fig fruit during microwave drying // International Journal of Food Engineering. – 2013. – Vol. 9, No. 1. – P. 119–128.

[16] Konak R., Kösoğlu İ., Yemenıcıoğlu A. Effects of different drying methods on phenolic content, antioxidant capacity and general characteristics of selected dark colored Turkish fig cultivars // Acta Horticulturae. – 2015. – Vol. 1173. – P. 481–488.