UDK: 664.9:631.11

QURITISH TIZIMIDA MEVALARNI QURITISH USULLARI VA ULARNING TA'SIR CHEGARALARINI TADQIQ QILISH

Sadullayev Azizbek Nasillo o'g'li

Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktaranti

Annotasiya. Mazkur maqolada kombinatsion quritish texnologiyalarining nazariy asoslari, amaliy qo'llanilishi va ularning samaradorligi tahlil qilingan. Quritish jarayonida issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini boshqarish orqali mahsulot sifatini saqlab qolish, quritish vaqtini qisqartirish hamda energiya sarfini kamaytirish imkoniyati yaratiladi. Turli quritish usullari konvektiv, infraqizil, mikroto'lqinli, vakuum va issiq havo yordamida quritish texnologiyalarining kombinatsiyasi orqali hosil bo'lgan sinergik ta'sir mahsulot tarkibidagi biologik faol moddalarning saqlanishini ta'minlaydi. Tadqiqotda turli mahsulotlar ustida o'tkazilgan xalqaro tajribalar asosida quritish kinetikasi, energiya tejamkorligi va mahsulot sifati o'rtasidagi bog'liqlik chuqur tahlil qilinadi. Maqolada hisoblash usullari, qurilma dizayni va matematik modellashtirish orqali quritish tizimining optimallashtirilishi yoritilgan.

Kalit so'zlar. Kombinatsion quritish, mikroto'lqinli quritish, infraqizil energiya, vakuum bosimi, issiq havo, quritish kinetikasi, energiya samaradorligi, oziq-ovqat texnologiyasi, bioaktiv modda, modellashtirish, massa almashinuvi, quritish tezligi.

Аннотация. В данной статье проанализированы теоретические основы, практическое применение и эффективность комбинированных технологий сушки. Управление процессами теплового и массообмена в процессе сушки позволяет сохранить качество продукции, сократить время сушки и уменьшить энергозатраты. Синергетический эффект, возникающий при сочетании различных методов сушки — конвективной, инфракрасной, микроволновой, вакуумной и сушки горячим воздухом — обеспечивает сохранение биологически активных веществ в составе продукта. В исследовании на основе международного опыта, проведенного с различными продуктами, проводится глубокий анализ взаимосвязи между кинетикой сушки, энергосбережением и качеством продукции. В статье освещаются вопросы оптимизации системы сушки с помощью вычислительных методов, проектирования оборудования и математического моделирования.

Ключевые слова: комбинированная сушка, микроволновая сушка, инфракрасная энергия, вакуумное давление, горячий воздух, кинетика сушки, энергетическая эффективность, пищевая технология, биологически активные вещества, моделирование, массообмен, скорость сушки.

ISSN 3030-3907

Annotation: This article analyzes the theoretical foundations, practical applications, and effectiveness of combined drying technologies. By controlling heat and mass transfer processes during drying, it is possible to preserve product quality, reduce drying time, and decrease energy consumption. The synergistic effect resulting from the combination of various drying methods—convective, infrared, microwave, vacuum, and hot air drying—ensures the preservation of bioactive compounds in the product. Based on international experiments conducted on various products, the study provides an in-depth analysis of the relationships between drying kinetics, energy efficiency, and product quality. The article also highlights the optimization of drying systems through computational methods, device design, and mathematical modeling.

Keywords: Combined drying, microwave drying, infrared energy, vacuum pressure, hot air, drying kinetics, energy efficiency, food technology, bioactive compounds, modeling, mass transfer, drying rate.

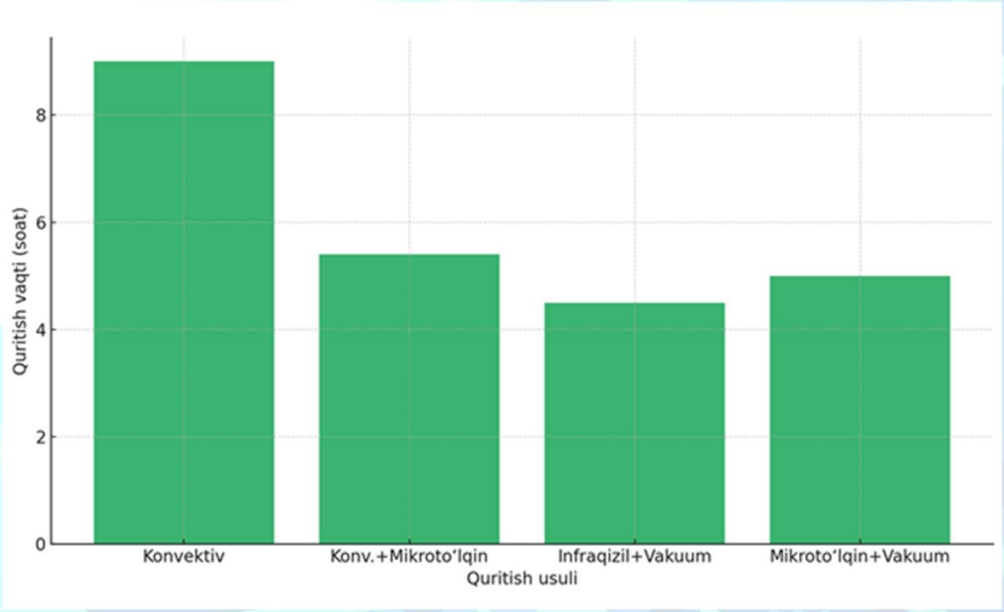
Kirish

Hozirgi kunda qishloq xo‘jaligi, oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika va boshqa ko‘plab sohalarda mahsulotlarni saqlash muddatini uzaytirish, ularning tashqi ko‘rinishi va biologik ko‘rsatgichlarini saqlab qolish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bunday talablarga javob beradigan asosiy texnologik jarayonlardan biri bu quritishdir. Quritish jarayonining samaradorligi nafaqat mahsulot sifatiga, balki ishlab chiqarishning umumiy energiya tejamkorligiga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy quritish usullarining har biri o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Shu sababli so‘nggi yillarda bir nechta quritish usullarini birlashtirgan - ya’ni kombinatsion quritish texnologiyalariga asoslangan qurilmalar keng qo‘llanilmoqda. Bunday qurilmalarda issiqlik va massa almashinuvi intensivligi oshadi, quritish vaqti qisqaradi va mahsulotning sifat ko‘rsatkichlarini yuqori darajada saqlab qolishga erishiladi. Kombinatsion quritish qurilmalari konstruktiv jihatdan murakkab bo‘lib, ularning samarali ishlashini ta’minlash uchun aniq hisob-kitoblar talab etiladi. Hisoblash jarayonida quritish muhitining harorati, namligi, tezligi, mahsulotning fizik xossalari, qurilma elementlarining o‘lchamlari va boshqa ko‘plab omillar inobatga olinishi maqsadga muvofiq. Kombinatsion quritish qurilmalarining issiqlik-massa almashinuvi jarayonlari asosida matematik modellashtirish va hisoblash usullari ko‘rib chiqish dolzabr hisoblanadi. Tadqiqot natijalari quritish jarayonining samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirishga xizmat qiluvchi texnologik yechimlarni ishlab chiqishga asos bo‘lib xizmat qiladi. Kombinatsion quritish jarayoni ikki yoki undan ortiq quritish usullarining ketma-ket yoki birgalikdagi qo‘llanilishiga asoslanadi. Bu yondashuv mahsulotda issiqlik va massa almashinuvini bir maromda ushlab

ISSN 3030-3907

turishga, quritish vaqtini qisqartirishga, energiya sarfini kamaytirishga, eng asosiysi esa, mahsulot sifat ko‘rsatkichlarini ya’ni, rang, tuzilma, oziqaviylik saqlab qolishga yordam beradi.

Asosiy qism. Quritish-bu ikki bosqichli issiqlik-massa almashinuvi jarayoni bo‘lib, mahsulot ichidagi namlik tashqi muhitga harorat, bosim va namlik gradienti ta’sirida chiqib ketadi. Quritish vaqtida mahsulotning fizik tuzilishi, tarkibi, o‘lchamlari va yuzasi namlik chiqish tezligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.Masalan, xurmo mevasining terisi yarim o‘tkazuvchi membrana bo‘lib, quritish paytida diffuziya tezligi ichki qatlamlarda sekinroq bo‘ladi. Bu esa ikkinchi bosqichda quritish intensivligini pasaytiradi va bu muammo kombinatsion usullar orqali yechiladi. Bunda erkin namlik – sirt va kapillyar bo‘shliqlarda joylashgan bo‘lib osongina bug‘lanadi. Bog‘langan namlik esa kapillyar ichida yoki hujayra ichida joylashgan bo‘lishi mumkin va ajratish uchun ko‘proq energiya talab qilinadi [1].

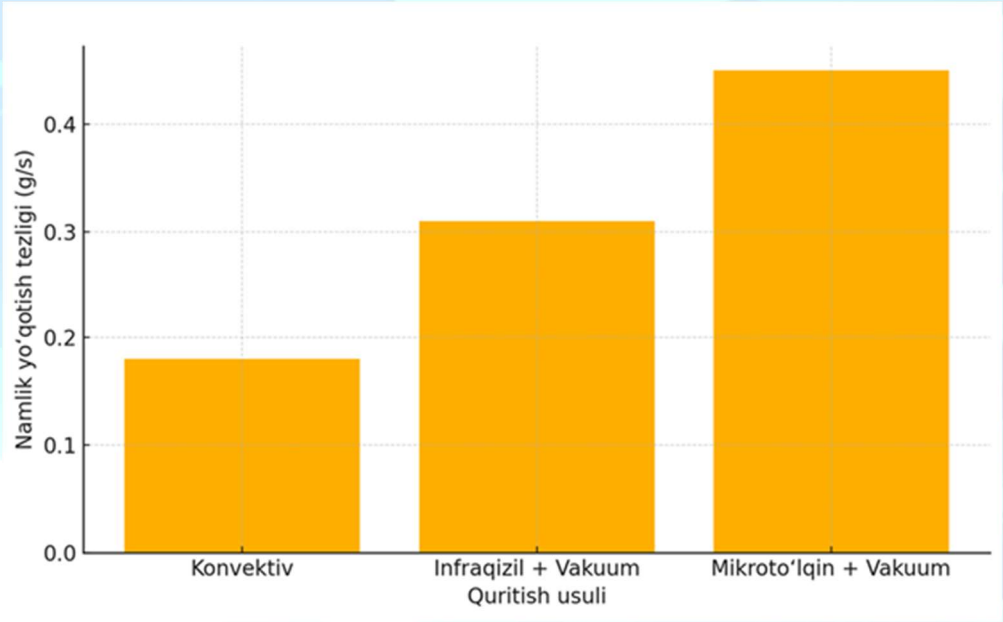


1-rasm. Quritish usullarining samaradorlik ko‘rsatgichlari.

Yuqoridagi grafikdan ko’rinib turibdiki, konvektiv quritish usulida issiq havo orqali mahsulotdagi namlik bug‘lantiriladi va quritish davomiyligi 9-soat atrofida bo‘ladi. Quritish sekin bo‘lib, mahsulotning tashqi qatlamlari qotib qolishi, ichki qatlamlarda esa namlik qolishi mumkin. Energiya sarfi yuqori, mahsulot sifati esa o‘rtacha darajada bo‘ladi. Konvektiv+mikroto‘lqinli usulda konvektiv issiqlik tashqi sirtni quritadi, mikroto‘lqin esa mahsulot ichida molekulalarni vibratsiyalab, tezroq namlik chiqaradi. Quritish vaqti ancha qisqaradi ya’ni 5 soatdan ortiqroq davom etadi. Infraqizil+vakuum usulida esa Infraqizil nurlanish orqali sirt qiziydi, vakuum esa qaynash haroratini pasaytirib, namlikni tez chiqarishga yordam beradi. Quritish davomiyligi sezilarli darajada kamayadi, taxminan 4 yarim soat artofida jarayon kechadi. Bunday yondashuv mahsulotning tabiiy rangi va vitaminlarini

ISSN 3030-3907

saqlab qoladi. Mikroto‘lqin+vakuum quritish usulida qolgan usullarga nisbatan mahsulotni bir xilda quritishni ta’minlash mumkin.



2-rasm. Mahsulot tarkibidan namlikni ajratib chiqarishda quritish usullarining ta’siri.

Namlikni yo‘qotish tezligi quritish jarayonining eng muhim samaradorlik ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi. Ushbu ko‘rsatkich mahsulot ichidagi suvning qanday tezlikda bug‘lanib chiqishini belgilaydi. Namlikni tezroq chiqarish quritish vaqtining qisqarishiga, energiya tejamkorligiga va mahsulot sifati oshishiga olib keladi. Konvektiv quritishda namlikni yo‘qotish tezligi 0.18 g/s tashkil etadi. Bu usulda issiq havo mahsulot sirtiga uzatiladi, ammo ichki qatlamlarda namlikning harakatlanishi sekin kechadi. Natijada, quritish jarayoni sekinlashadi va umumiy samaradorlik past bo‘ladi. Mahsulotda ba’zan sirt qotib qoladi, bu ichki qatlamdagi suvning chiqishini yanada qiyinlashtiradi. Infraqizil+vakuumli quritish usulida esa yo‘qotish tezligi 0.31 g/s teng bo‘ladi. Infraqizil nurlanish mahsulot yuzasini qizdiradi, vakuum esa qaynash haroratini pasaytirib, suvning bug‘lanishini tezlashtiradi. Ushbu kombinatsiya tufayli namlik tezroq va barqaror chiqariladi. Past haroratda quritish tufayli mahsulot rangi, oziq moddalari va fermentlar yaxshiroq saqlanadi. Mikroto‘lqin+vakuum quritish usulida bu ko‘rsatgich 0.45 g/s ga teng. Mikroto‘lqinlar mahsulot ichidagi suv molekulalarini ichkaridan isitadi, bu esa “ichki qizish effekti” orqali bug‘lanishni tezlashtiradi. Vakuum bosimi esa bug‘lanishni yanada kuchaytiradi. Bu kombinatsiya eng tez quritish natijasini beradi. Shu bilan birga, issiqlik bir xilda taqsimlangani sababli mahsulotning struktura va sifati saqlanadi.

Tadqiqot metodi. Kombinatsion quritish usulining ustunligi haqida Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S.,Wang, S. kabi olimlar o‘zinig maqolasida keltirgan.

ISSN 3030-3907

Unda mango bo‘lakchalari, xurmo, sabzi va olcha mevasi eksperiment sifatida kombinatsion usulda quritilgan. Avvaliga mikroto‘lqinli quritilganda mahsulot hajmida joylashgan suv molekulalari elektromagnit to‘lqinlar ta’sirida tebrantirilgan va ichki issiqlik hosil qilgan. Keyin esa konvektiv quritish esa tashqi issiqlik oqimi bilan sirt namligini yo‘qotadi. Dastlab konvektiv issiqlik bilan sirt namligi bug‘lantiriladi so‘ngra mikroto‘lqinli energiya mahsulot ichiga chuqur kirib, ichki namlikni qizdiradi va tezda bug‘lanishga olib keladi. Bu orqali quritish vaqti 30–50% gacha, energiya sarfi esa 25–30% ga kamaygan. Mahsulot sifati ya’ni rangi, xushbo‘yligi, oziqaviy moddalari yuqori darajada saqlab qolingan [2]. Shuningdek Chou, S. K., & Chua, K. J. kabi olimlar o‘zining maqolasida vakuum + infraqizil quritish usulining mahsulot sifati va energiya samaradorligiga ijobiy ta’siri, ayniqsa pomidor va qulupnayda sinovdan o‘tkazilgani ko‘rsatilgan. Quritish harorati past bo‘lgani sababli mahsulot o‘z holatini saqlab qolishga erishilgan [3]. Mikroto‘lqinli va konvektiv quritish usullarining kombinatsiyasi oziq-ovqat mahsulotlarini samarali va sifatli quritish bo‘yicha eng istiqbolli texnologik yechimlardan biri hisoblanadi. Bu ikki usulni birgalikda qo‘llash orqali quritish jarayonining fizik va issiqlik-massa almashinuv dinamikasi muvozanatga keltiriladi, natijada quritish davomiyligi sezilarli darajada qisqaradi va mahsulot sifati yuqori darajada saqlanadi. Mikroto‘lqinli issiqlik mahsulot massasiga chuqur kirib, suv molekulalarini ichkaridan isitadi va shu orqali “ichki qizish effekti” ni hosil qiladi. Bu esa diffuziya bilan cheklangan namlik ajralishiga nisbatan tezroq va barqarorroq bug‘lanishni ta’minlaydi. Konvektiv issiqlik esa tashqi sirtning quritilishini tezlashtirib, mahsulot yuzasida kondensatsiyalanishning oldini oladi. Ushbu ikki mexanizmning sinergiyasi mahsulotdagi namlikning ichki va tashqi qatlamlardan bir tekisda chiqarilishini ta’minlaydi. 2025 yilda olib borgan eksperimental tadqiqotlarida medlar mevasini quritishda mikroto‘lqinli-konvektiv kombinatsiyalangan usul qo‘llanilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, an’anaviy quritish usulida 22,500 daqiqa davom etgan jarayon ushbu kombinatsiyalangan yondashuv orqali atigi 17–93 daqiqagacha qisqartirilgan. Bu o‘zgarish quritish samaradorligining keskin ortganini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, mikroto‘lqinli-konvektiv quritilgan medlar mevasida protein, makro va mikroelementlar (masalan, kaliy, temir, rux, magniy) ning saqlanish darajasi yuqori bo‘lib, oziqaviy qiymat deyarli 90–95% darajada saqlab qolinishi aniqlangan. Bunday natijalar, ayniqsa, funktsional oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarishda muhim ahamiyat kasb etadi, chunki oziqaviy komponentlarning issiqlikka sezgirligi ularning texnologik jarayonlar davomida yo‘qolishiga olib keladi [4]. Infraqizil va issiq havo bilan quritish usullarining kombinatsiyasi oziq-ovqat va dorivor o‘simlik mahsulotlarini quritishda samaradorlikni oshirish va yuqori sifat ko‘rsatkichlarini

ISSN 3030-3907

saqlab qolishda muhim texnologik yechim hisoblanadi. Ushbu kombinatsiya infraqizil nurlanishning yuqori yuzaki energiya uzatish imkoniyati bilan issiq havo yordamida mahsulot atrofida bir tekis konvektiv issiqlik tarqatish mexanizmini uyg‘unlashtiradi. Bunday ikki tomonlama ta’sir mahsulotning tez va bir xilda qurishini ta’minlaydi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki xrizantema gullari misolida infraqizil-issiq havo bilan kombinatsiyalangan quritish usuli sinovdan o‘tkazilgan. Ushbu quritish usuli natijasida mahsulotning sifati, xususan, tabiiy rangi yuqori darajada saqlanib qolgan. Bu ayniqsa estetik va farmakologik qiymati yuqori bo‘lgan dorivor gullar uchun muhim omildir. Fenolik birikmalar va flavonoidlar kabi bioaktiv moddalarning degradatsiyasi minimal darajada bo‘lgan. Bu birikmalar mahsulotning antioksidant faolligi va sog‘liqni saqlashdagi foydali xususiyatlarini belgilab beradi. Shuningdek, mikroskopik tekshiruvlar asosida aniqlanishicha, infraqizil-issiq havo yordamida quritilgan namunalar hujayra tuzilmasining yaxlitligini yuqori darajada saqlab qolgan, bu esa namlikni keyinchalik qayta yutish, yengil rehidratsiya va mahsulotning yakuniy sifati uchun muhim omil hisoblanadi. Tadqiqot mualliflari mahsulot quritish kinetikasi, fenolik tarkibi, rang ko‘rsatkichlari va mikrostruktura o‘zgarishlarini tahlil qilish orqali ushbu kombinatsiyaning yuqori samaradorlikka ega ekanligini aniqlashgan. Infraqizil-issiq havo quritish texnologiyasi natijasida energiya sarfi kamaygan, quritish vaqti qisqargan va mahsulotning farmakologik hamda estetik xususiyatlari saqlanib qolgan. Shu sababli, mazkur usul nafaqat oziq-ovqat mahsulotlari, balki dorivor o‘simliklar va biologik faol komponentlarga boy xomashyolarni quritishda ham afzal yo‘nalishlardan biri sifatida e’tirof etiladi. [5]. Issiq havo va muzlatib quritish usullarining kombinatsiyasi oziq-ovqat mahsulotlarini quritishda nafaqat energiya tejamkorligini ta’minlaydi, balki mahsulot sifatini saqlashda ham yuqori samaradorlikka ega. Ushbu kombinatsiyalangan yondashuvda issiq havo bilan quritishning tezligi va muzlatib quritishning nozik termik sharoitlari birlashtirilib, quritish jarayonining umumiy samaradorligi oshiriladi. Muzlatib quritishning asosiy afzalligi — mahsulotdagi suv kristallari sublimatsiyalanadi, bu esa hujayra tuzilmasining buzilmasdan saqlanishiga olib keladi. Biroq bu jarayon energiyani ko‘p talab qiladi va uzoq vaqt davom etadi. Pech yordamida issiq havo bilan dastlabki quritish bosqichi esa mahsulotdagi erkin namlikning bir qismini tez bug‘lantiradi va shu orqali umumiy muzlatib quritish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi. Shu tariqa, ikki bosqichli kombinatsion quritish texnologiyasi mahsulot sifatiga ta’sir qilmasdan energiyani tejaydi va ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi. Liu va bir qator olimlarning 2024 yildagi tadqiqotlarida sabzi bo‘laklari misolida issiq havo+muzlatib quritish kombinatsiyasi sinovdan o‘tkazilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ushbu yondashuv yordamida

ISSN 3030-3907

quritish davomiyligi 39–50% ga, energiya sarfi esa 40–56% ga kamaytirilgan. Bu sezilarli energiya samaradorligi ishlab chiqarish jarayonlari uchun muhim iqtisodiy foyda keltiradi. Bundan tashqari, fermentativ faollik — ayniqsa, polifenol oksidaza va peroksidaza fermentlari faolligining pasayishi mahsulotning oksidlanishdan himoyalanish darajasini oshiradi. Bu esa quritilgan sabzining rangi, xushbo‘yligi va oziqaviy tarkibini uzoq muddat saqlab qolishga xizmat qiladi. Kombinatsiyalangan quritish jarayoni tufayli fermentlarning inaktivatsiyasi nazoratli va bosqichli tarzda amalga oshadi, bu esa mahsulotdagi nojo‘ya biokimyoviy o‘zgarishlarni kamaytiradi. [6]. Vakuum va issiqlik berish bilan kombinatsiyalangan quritish usuli issiqlikka sezgir mahsulotlar uchun energiya tejamkor va sifatni maksimal darajada saqlovchi ilg‘or texnologik yondashuv hisoblanadi. Bu kombinatsiya vakuum muhitining past bosim sharoitida suvning qaynash haroratini pasaytirish xususiyati bilan, issiqlik berish tizimi havo aylanishi va issiqlikni qayta ishlash mexanizmini uyg‘unlashtiradi. Natijada quritish jarayoni nafaqat samaraliroq, balki mahsulotning tarkibiy va ko‘rinish sifatini saqlash nuqtayi nazaridan ham ustunlikka ega bo‘ladi. Chen va hammualliflarining olib borgan tadqiqotlarida ananas bo‘laklari quritish ob’ekti sifatida tanlangan. Tadqiqot davomida vakuum+issiqlik havo quritish usuli qo‘llanilib, mahsulot sifat ko‘rsatkichlari yorqinlik, qayta namlanish darajasi, bioaktiv komponentlar miqdori an’anaviy issiq havo quritish usuliga nisbatan yuqori darajada saqlanib qolgani aniqlangan. Ushbu kombinatsiyalangan texnologiyada vakuum yordamida mahsulotdagi suv molekulalarining bug‘lanish nuqtasi pastga tushiriladi, bu esa mahsulotning tuzilmasiga kamroq zarar yetkazgan holda namlikni chiqarishni ta’minlaydi. Issiqlik ventilator orqali uzatilishi hisobida esa quritish muhiti ichidagi havo aylanishini barqarorlashtirib, issiqlikni bir tekisda taqsimlaydi va bug‘langan namlikni tezda olib chiqadi. Bu usul nafaqat quritish vaqtini qisqartiradi, balki energiyani 25–35% gacha tejashga ham xizmat qiladi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, bu yondashuvda quritilgan ananas bo‘laklari o‘zining tabiiy rangi, silliq va porloq yuzasi, aromatik xususiyatlari hamda oziqaviy tarkibi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, qayta namlanish koeffitsientining yuqoriligi mahsulotni iste’molga tayyorlash bosqichida muhim afzallik yaratadi. [7]. Mikroto‘lqinli va infraqizil quritish usullarining kombinatsiyasi hozirgi davrda oziq-ovqat mahsulotlarini yuqori sifatda, qisqa vaqt ichida va energiya tejamkorlik bilan quritishning innovatsion yondashuvlaridan biridir. Har ikki texnologiya o‘ziga xos issiqlik uzatish mexanizmiga ega bo‘lib, ularning sinergik qo‘llanilishi quritish jarayonining kinetikasini yaxshilaydi, issiqlik taqsimotining bir xilligini ta’minlaydi va mahsulot sifatini yuqori darajada saqlab qoladi. Infraqizil nurlanish mahsulotning sirt qismini qizdirib, sirt namligini bug‘latishga xizmat qiladi. Shu bilan birga,

ISSN 3030-3907

mikroto‘lqinli energiya mahsulotning ichki qismida joylashgan suv molekulalarini vibratsiyaga keltirib, ichkaridan issiqlik hosil qiladi. Ushbu ikki jarayon birgalikda mahsulot bo‘ylab issiqlik va namlikning muvozanatli taqsimlanishini ta’minlaydi. Yu va hammualliflarining 2024 yilda olib borilgan tadqiqotlariga ko‘ra, ushbu kombinatsiyalangan quritish usuli mahsulot tarkibidagi fenolik birikmalar va antioksidant faollikni yuqori darajada saqlab qolgan. Fenolik moddalarning oksidlanishini cheklovchi bu texnologiya biologik faol komponentlarga boy mevalar, sabzavotlar va dorivor o‘simliklar uchun ayniqsa muhim hisoblanadi. Mikroto‘lqinli-Infraqizil quritishda ishlatilgan optimal parametrlar (quvvat, harorat, vaqt va havo harakati) mahsulot ichki tuzilmasining deyarli buzilmasdan saqlanishiga imkon bergan. Shuningdek, bu usulda quritilgan mahsulotlarda rang, ta’m va rehidratsiya qobiliyatining yuqoriligi ham qayd etilgan. Antioksidant birikmalarning saqlanishi esa faqat oziqaviy qiymatni emas, balki mahsulotning sog‘liq uchun foydali xususiyatlarini ham mustahkamlaydi. [8]. Shuningdek, O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tajribalarda infraqizil+vakuumli quritish usuli bilan xurmo mevasining tarkibidagi shakarlar, antioksidantlar va polifenollar 95% gacha saqlanib qolishi mumkinligi kuzatilgan.

Xulosa. Kombinatsion quritish texnologiyalari zamonaviy oziq-ovqat, qishloq xo‘jaligi hamda farmatsevtika mahsulotlarini saqlash va qayta ishlashda muhim o‘rin egallaydi. Jahon olimlari tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, mikroto‘lqinli, infraqizil, konvektiv, vakuum va issiqlik nasosi kabi turli quritish usullarining birgalikda qo‘llanilishi mahsulotlarning quritish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, har bir kombinatsiya mahsulot xususiyatlariga qarab tanlanishi va texnologik jarayon parametrlarini optimallashtirish orqali energiya sarfi, quritish vaqti va mahsulot sifati o‘rtasida muvozanatga erishilishi mumkin. Xususan, issiqlikning bir tekis taqsimlanishi, namlik chiqishining barqarorligi va minimal oziqaviy yo‘qotishlar kombinatsiyalangan yondashuvlar ustunligini isbotlaydi. Shuning uchun, kombinatsion quritish texnologiyalari mahsulotni yuqori sifatli, energiya tejamkor va ekologik jihatdan samarali quritishning istiqbolli yo‘nalishi sifatida e’tirof etiladi. Taklif etilagan quritish qurilmasida bir vaqtning o‘zida quritishning kombinatsiyalashgan usuli qo‘llaniladi. Bunda ventilyator orqali harakatga keltirilgan havo oqimi quvurga yo‘naltiriladi. Quvurda havoni teng taqsimlash maqsadida o‘rtada yo‘naltirgich bilan jihozlanadi. Taqsimlangan havo esa infraqizil lampalardan o‘tib issiqlik energiyasi mahsulotga yetkazadi. Issiq havo qurilmaning yon tomonidan kiritiladi. Qurilmaning asosiga nisbatan vertikal o‘qqa esa bir nechta mahsulotni terib qo‘yish uchun tarelkalar joylashtiriladi. O‘z

ISSN 3030-3907

navbatida quritish uchun tayyorlangan va joylashtirilgan mevali tarelkalar o‘z o‘qi atrofida aylantiriladi. Shu orqali mahsulot bir tekisda quritilishiga erishiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Mujumdar, A. S. (2007). Handbook of Industrial Drying. CRC Press. va Kudra, T., & Mujumdar, A. (2009). Advanced Drying Technologies. CRC Press.
2. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006).Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011 17(10), P:524–534.
3. Chou, S. K., & Chua, K. J. (2001). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. Trends in Food Science & Technology, DOI: https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00106-2 12(10), P:359–369.
4. Shahbazi, Y., Ghanbarzadeh, B., & Hamidi-Esfahani, Z. (2025). Dielectric microwave-convective drying of medlar fruit: Optimization and quality evaluation. Scientific Reports, 15, Article 86955. https://doi.org/10.1038/s41598-025-86955-3
5. Zhang, Z., Zhang, M., Fang, Z., & Mujumdar, A. S. (2022). Effects of combined infrared and hot air drying on drying kinetics and quality of Chrysanthemum morifolium Ramat. Foods, 11(15), 2300. https://doi.org/10.3390/foods11152300
6. Liu, W., Zhang, L., Zhang, Z., Huang, L., & Wang, J. (2024). Comparative study of drying characteristics and quality of carrot slices under different hot air and freeze-drying combinations. Frontiers in Horticulture, 4, Article 1447957. https://doi.org/10.3389/fhort.2024.1447957
7. Chen, Y., Wang, X., & Li, H. (2023). Effect of combined vacuum and heat pump drying on the quality characteristics of pineapple slices. SSRN Electronic Journal. https://doi.org/10.2139/ssrn.4561361
8. Yu, Y., Wang, X., Li, X., & Zhang, M. (2024). Effect of different combined drying methods on phenolic compounds and antioxidant activity of food products: A review. International Journal of Food Science and Technology, 59(4), 1425–1438. https://doi.org/10.1111/ijfs.16267

ISSN 3030-3907