



KOMBINATSIYALANGAN TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA MADANIY QO'ZIQORINLARNI QURITISH JARAYONINI OPTIMALLASHTIRISH

Ismoilov Jasur Azizbek o'g'li

Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer
filiali mustaqil tadqiqotchisi

Safarov Asqarbek Asadullaevich

Toshkent davlat agrar universiteti professori, q.x.f.f.d.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18383709>

Annotatsiya. Ушбу мақолада маданий кўзиқоринлар — вешенка (*Pleurotus ostreatus*) ва шампиньон (*Agaricus bisporus*) — ни қуритиш жараёнини комбинациялашган усуллар асосида такомиллаштириш масалалари тадқиқ этилди. Тадқиқот жараёнида конвектив, инфрақизил ҳамда комбинациялашган (инфрақизил + конвектив) қуритиш усулларининг қуритиш кинетикаси, тайёр маҳсулот сифати ва энергия самарадорлигига таъсири қиёсий таҳлил қилинди. Тажриба натижалари комбинациялашган қуритиш усули қўлланилганда қуритиш давомийлиги 30–35 % га қисқариши, қолдиқ намликнинг меъёрий чегарада сақланиши ҳамда маҳсулотнинг ранг, тузилиш ва органолептик хусусиятлари яхшироқ сақланишини кўрсатди. Шунингдек, мазкур усулда энергия сарфи анъанавий конвектив қуритиш усулига нисбатан камайиши аниқланди. Қайта намланиш коэффициенти, қуритиш самарадорлиги индекси (QSI) ва интеграл технологик самарадорлик кўрсаткичлари комбинациялашган усулнинг технологик ва иқтисодий жиҳатдан устун эканини тасдиқлади. Олинган натижалар маданий кўзиқоринларни саноат миқёсида қайта ишлашда комбинациялашган қуритиш технологияларини жорий этиш мақсадга мувофиқ эканини кўрсатади.

Kalit so'zlar: маданий кўзиқоринлар, вешенка, шампиньон, қуритиш жараёни, комбинациялашган усул, инфрақизил қуритиш, энергия самарадорлиги, қайта намланиш.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы совершенствования процесса сушки культивируемых грибов — вешенки (*Pleurotus ostreatus*) и шампиньона (*Agaricus bisporus*) — на основе применения комбинированных методов. В ходе исследования проведён сравнительный анализ конвективного, инфракрасного и комбинированного (инфракрасного + конвективного) способов сушки по показателям кинетики процесса, качества готовой продукции и энергетической эффективности. Экспериментальные результаты показали, что использование комбинированного метода позволяет сократить



продолжительность сушки на 30–35 %, обеспечить нормативный уровень остаточной влажности и лучшее сохранение цветовых, структурных и органолептических характеристик грибов. Установлено также снижение удельных энергозатрат по сравнению с традиционной конвективной сушкой. Значения коэффициента регидратации, индекса эффективности сушки (QSI) и интегральной технологической эффективности подтвердили технологические и экономические преимущества комбинированного метода. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности внедрения комбинированных технологий сушки при промышленной переработке культивируемых грибов.

Ключевые слова: культивируемые грибы, вешенка, шампиньон, процесс сушки, комбинированные методы, инфракрасная сушка, энергоэффективность, регидратация.

Abstract. This paper addresses the improvement of the drying process of cultivated mushrooms—oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and button mushroom (*Agaricus bisporus*)—through the application of combined drying methods. A comparative assessment of convective, infrared, and combined (infrared + convective) drying techniques was carried out with respect to drying kinetics, final product quality, and energy efficiency. The experimental results demonstrated that the combined drying method reduced drying time by 30–35%, ensured a regulated level of residual moisture, and provided better preservation of color, structure, and organoleptic properties of the mushrooms. In addition, a decrease in specific energy consumption compared to conventional convective drying was observed. The values of the rehydration coefficient, drying efficiency index (QSI), and integral technological efficiency confirmed the technological and economic advantages of the combined method. The findings indicate that the implementation of combined drying technologies is feasible and effective for the industrial processing of cultivated mushrooms.

Keywords: cultivated mushrooms, oyster mushroom, button mushroom, drying process, combined methods, infrared drying, energy efficiency, rehydration.

Bugungi kunda aholini biologik jihatdan qimmatli boʻlgan oziq-ovqat mahsulotlari bilan taʼminlash muhim va dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan qaralganda, madaniy qoʻziqorinlar, jumladan *Pleurotus ostreatus* va *Agaricus* turlari tarkibida yuqori miqdorda oqsillar, mineral elementlar hamda biologik faol moddalar mavjudligi bilan alohida ahamiyatga



ega ekani aniqlandi. Ushbu qo'ziqorinlar kam kaloriyali bo'lishi bilan birga, funksional oziq-ovqat mahsuloti sifatida keng qo'llanish imkoniyatlariga ega.

Shu bilan birga, yangi holdagi qo'ziqorinlar tarkibida namlik miqdorining yuqoriligi sababli ularning saqlanish muddati cheklangan bo'lib, tez buzilishga moyil hisoblanadi. Shu bois qo'ziqorinlarni qayta ishlash, ayniqsa quritish orqali ularning saqlanuvchanligini oshirish muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Amalda qo'llanilayotgan an'anaviy quritish usullari, xususan konvektiv va tabiiy quritish texnologiyalari, ko'pincha mahsulot sifatining pasayishi, yuqori energiya sarfi hamda jarayonning uzoq davom etishi bilan tavsiflanadi.

So'nggi yillarda oziq-ovqat xom ashyosini qayta ishlash sohasida quritishning kombinatsiyalashgan usullarini joriy etishga bo'lgan qiziqish sezilarli darajada ortmoqda. Mazkur usullar bir nechta quritish texnologiyalarini uyg'unlashtirish orqali jarayonni jadallashtirish, energiya tejamkorligini ta'minlash va tayyor mahsulot sifatini yaxshilash imkonini beradi. Shu asosda mazkur tadqiqotda madaniy qo'ziqorinlarni kombinatsiyalashgan quritish usullari yordamida quritish jarayonini takomillashtirish maqsad qilib olindi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi *Pleurotus ostreatus* va *Agaricus bisporus* qo'ziqorinlarini kombinatsiyalashgan quritish usullari asosida quritishning samarali texnologik rejimlarini ishlab chiqish hamda ushbu usullarning mahsulot sifatiga ta'sirini kompleks baholashdan iborat bo'ldi.

Materiallar va tadqiqot usullari

Tadqiqot ob'ekti sifatida mahalliy sharoitda yetishtirilgan *Pleurotus ostreatus* va *Agaricus bisporus* qo'ziqorinlari tanlab olindi. Qo'ziqorinlar yangi holda yig'ib olinib, laboratoriyaga yetkazildi va tashqi ko'rinishi hamda mexanik shikastlanish darajasiga ko'ra saralandi.

Quritishga tayyorlash bosqichida qo'ziqorinlar tozalandi va yuvildi, ortiqcha yuza namligi olib tashlandi hamda 4–6 mm qalinlikda bo'laklarga kesildi. Quritish jarayoni quyidagi texnologiyalar asosida amalga oshirildi:

- konvektiv quritish;
- infraqizil nurlanish orqali quritish;
- kombinatsiyalashgan quritish usuli (infraqizil + konvektiv).

Quritish jarayonida harorat 45–60 °C oralig'ida, havo oqimi tezligi esa 1,5–2,0 m/s darajada ta'minlandi. Quritish davomida mahsulot namligining o'zgarishi, quritish vaqti hamda energiya sarfi muntazam ravishda hisoblab borildi.

Quritilgan mahsulot sifati qoldiq namlik miqdori, rang va tuzilish o'zgarishi, organoleptik ko'rsatkichlar hamda qayta namlanish qobiliyati asosida baholandi.



Barcha tajribalar uch marta takrorlanib, olingan natijalar o'rtacha qiymatlar asosida tahlil qilindi.

Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari quritish usuli madaniy qo'ziqorinlarning qurish jarayoni dinamikasi, tayyor mahsulot sifati hamda texnologik samaradorligiga turlicha ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Quritish jarayonini baholashda asosiy e'tibor namlikning kamayish jadalligi, mahsulot to'qima tuzilishining saqlanishi, organoleptik ko'rsatkichlar va energiya sarfi kabi muhim omillarga qaratildi.

An'anaviy konvektiv quritish usulida qo'ziqorinlarning qurishi nisbatan sekin kechib, quritish davomiyligi o'rtacha 8–10 soatni tashkil etgani aniqlandi. Ushbu usulda issiq havoning uzoq vaqt davomida ta'sir qilishi natijasida mahsulot rangida to'qlashish holatlari hamda to'qima strukturasi qisman buzilishi kuzatildi. Mazkur holat ayniqsa Agaricus turidagi qo'ziqorinlarda yaqqol namoyon bo'lgani qayd etildi.

Infraqizil nurlanish yordamida quritish usuli qo'llanilganda namlikning kamayish jarayoni ancha jadal kechib, quritish vaqti 5–6 soatgacha qisqargani aniqlandi. Biroq infraqizil nurlanishning yuqori intensiv ta'siri natijasida ayrim hollarda qo'ziqorin yuzasida qattiq qatlam hosil bo'lishi kuzatildi. Bu esa ichki qatlamlarda namlikning chiqishini cheklab, mahsulotning qayta namlanish qobiliyatining pasayishiga olib kelgani aniqlandi.

Eng ijobiy natijalar kombinatsiyalashgan quritish usuli (infraqizil + konvektiv) qo'llanilganda qayd etildi. Mazkur usulda quritish davomiyligi an'anaviy konvektiv usulga nisbatan 30–35 % ga qisqarib, mahsulotning rangi, tuzilishi va hid xususiyatlari yaxshiroq saqlangani kuzatildi. Bu holat kombinatsiyalashgan usulda infraqizil quritish orqali namlikning tez kamaytirilishi, keyin esa konvektiv quritish bosqichida namlikning bir tekis chiqarilishi bilan izohlanadi.

Qayta namlanish qobiliyati bo'yicha o'tkazilgan tahlillar natijasida kombinatsiyalashgan usulda quritilgan qo'ziqorinlar suvni yaxshiroq singdirishi va qayta tiklangan holda tabiiy tuzilishiga yaqin holatni saqlashi aniqlandi. Bu esa quritish jarayonida mahsulot to'qima tuzilishining minimal darajada shikastlanganini ko'rsatadi.

Energiya sarfini baholash natijalari ham kombinatsiyalashgan quritish usulining ustunligini tasdiqladi. Xususan, mazkur usulda energiya sarfi an'anaviy konvektiv quritishga nisbatan kamroq bo'lib, iqtisodiy jihatdan ham samarali ekani aniqlandi. Bu esa kombinatsiyalashgan quritish usulini madaniy



qo'ziqorinlarni sanoat miqyosida qayta ishlash uchun maqbul va istiqbolli texnologiya sifatida baholash imkonini beradi.

1-jadvalda keltirilgan natijalar madaniy qo'ziqorinlar — veshenka (*Pleurotus ostreatus*) va shampinon (*Agaricus bisporus*) — ni turli quritish texnologiyalari asosida qayta ishlash jarayonida olinadigan asosiy texnologik va sifat ko'rsatkichlarini qiyosiy tahlil qilish imkonini berdi. Jadval ma'lumotlari quritish usuli nafaqat jarayon davomiyligiga, balki mahsulotning fizik-mexanik xususiyatlari, tashqi ko'rinishi hamda energiya samaradorligiga ham sezilarli ta'sir ko'rsatishini yaqqol namoyon etdi.

Quritish davomiyligi ko'rsatkichlari tahlili shuni ko'rsatdiki, an'anaviy konvektiv quritish usuli har ikkala qo'ziqorin turi uchun ham eng uzoq vaqt talab etgan. Xususan, veshenka uchun quritish vaqti o'rtacha $9,0 \pm 0,3$ soatni, shampinon uchun esa $10,0 \pm 0,4$ soatni tashkil etgan. Bu holat konvektiv usulda namlikning asosan havo oqimi ta'sirida sekin chiqishi bilan izohlanadi. Infraqizil quritish usuli qo'llanilganda esa quritish jarayoni sezilarli darajada jadallashib, veshenkada $5,5 \pm 0,2$ soat, shampinonda esa $6,0 \pm 0,2$ soat davom etgani aniqlandi. Kombinatsiyalashgan quritish usulida quritish vaqti infraqizil usulga nisbatan biroz yuqoriroq bo'lsa-da, konvektiv usulga nisbatan 30–35 % ga qisqargani qayd etildi, bu esa ushbu usulning texnologik jihatdan maqbul ekanini ko'rsatadi.

1-jadval

Turli quritish usullarida qo'ziqorinlarning quritish jarayoni va sifat ko'rsatkichlari

Quritish usuli	Quritish vaqti, soat	Qoldiq namlik, %	Namlikni kamayish tezligi, %/soat	Qayta namlanish koeffitsienti	Energiya sarfi, kVt·soat/kg
Veshenka (<i>Pleurotus ostreatus</i>)					
Konvektiv	$9,0 \pm 0,3$	$10,8 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,2$	$2,10 \pm 0,06$	$2,8 \pm 0,1$
Infraqizil	$5,5 \pm 0,2$	$9,6 \pm 0,1$	$9,8 \pm 0,3$	$1,85 \pm 0,05$	$2,4 \pm 0,1$
Kombinatsiyalashgan	$6,0 \pm 0,2$	$9,2 \pm 0,1$	$8,9 \pm 0,2$	$2,45 \pm 0,07$	$2,0 \pm 0,1$
Shampinon (<i>Agaricus bisporus</i>)					
Konvektiv	$10,0 \pm 0,4$	$11,2 \pm 0,2$	$5,5 \pm 0,2$	$2,00 \pm 0,06$	$3,0 \pm 0,1$
Infraqizil	$6,0 \pm 0,2$	$10,1 \pm 0,1$	$8,7 \pm 0,3$	$1,75 \pm 0,05$	$2,6 \pm 0,1$
Kombinatsiyalashgan	$6,5 \pm 0,3$	$9,6 \pm 0,1$	$8,2 \pm 0,2$	$2,30 \pm 0,06$	$2,2 \pm 0,1$

Qoldiq namlik ko'rsatkichi quritilgan mahsulotning saqlanish barqarorligini belgilaydigan muhim mezon hisoblanadi. Jadval ma'lumotlariga



ko'ra, kombinatsiyalashgan usulda quritilgan har ikkala qo'ziqorin turida ham qoldiq namlik eng past qiymatlarda qayd etildi. Jumladan, veshenkada $9,2 \pm 0,1$ %, shampinonda esa $9,6 \pm 0,1$ % ni tashkil etib, ushbu ko'rsatkichlar sanoat amaliyotida qabul qilingan me'yoriy diapazonga to'liq mos kelishi aniqlandi. Bu esa mahsulotning mikrobiologik jihatdan xavfsiz saqlanishini ta'minlashini ko'rsatadi.

Namlikni kamayish tezligi quritish jarayoni jadalligini tavsiflovchi asosiy parametrlardan biri hisoblanadi. Infraqizil quritish usulida mazkur ko'rsatkich eng yuqori bo'lib, veshenkada $9,8 \pm 0,3$ %/soat, shampinonda esa $8,7 \pm 0,3$ %/soat darajasida qayd etildi. Biroq namlikning juda tez chiqishi ayrim hollarda mahsulot yuzasida qattiqlashish holatlariga olib kelgan. Kombinatsiyalashgan usulda esa namlikni kamayish jarayoni barqaror kechib, quritish bir tekis amalga oshgani aniqlandi.

Qayta namlanish koeffitsienti quritilgan qo'ziqorin to'qimasining saqlanganlik darajasini baholashda muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Kombinatsiyalashgan quritish usulida ushbu koeffitsientning eng yuqori qiymatlari qayd etildi: veshenkada $2,45 \pm 0,07$, shampinonda $2,30 \pm 0,06$. Bu holat kombinatsiyalashgan usulda quritish jarayonida qo'ziqorin to'qima strukturasi minimal darajada shikastlanganini ko'rsatadi.

Rang o'zgarishi (ΔE) ko'rsatkichlari tahlili ham kombinatsiyalashgan usulning ustunligini tasdiqladi. Ushbu usulda ΔE qiymatlari veshenkada $6,1 \pm 0,2$, shampinonda esa $6,8 \pm 0,2$ ni tashkil etib, tabiiy rangning yaxshiroq saqlanganini ko'rsatdi. Konvektiv va infraqizil usullarda ΔE qiymatlarining yuqoriroq bo'lishi mahsulot tashqi ko'rinishida salbiy o'zgarishlar kuzatilganini anglatadi.

Qattqlik ko'rsatkichi infraqizil quritishda eng yuqori darajada bo'lib, bu yuza qatlamning tez qurishi natijasida hosil bo'lgan qattiqlashish bilan bog'liq ekani aniqlandi. Kombinatsiyalashgan usulda qattqlikning pastroq bo'lishi esa mahsulot tuzilishining yumshoq va iste'molchilar uchun qabul qilinarli ekanini ko'rsatdi.

Energiya sarfi bo'yicha olingan natijalar kombinatsiyalashgan quritish usulining iqtisodiy samaradorligini yaqqol namoyon etdi. Veshenka va shampinon uchun mos ravishda $2,0 \pm 0,1$ va $2,2 \pm 0,1$ kVt·soat/kg energiya sarflanishi qayd etildi, bu esa an'anaviy konvektiv usulga nisbatan sezilarli darajada kam ekani bilan ajralib turadi.

Umuman olganda, 1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar kombinatsiyalashgan quritish usuli madaniy qo'ziqorinlarni qayta ishlashda texnologik, sifat va iqtisodiy jihatdan eng maqbul usul ekanini ilmiy jihatdan asoslab berdi.



Kombinatsiyalashgan quritish usuli madaniy qo'ziqorinlarni qayta ishlashda texnologik, sifat va iqtisodiy jihatdan eng maqbul usul hisoblanadi. Ushbu usulni sanoat miqyosida joriy etish orqali yuqori sifatli, energiya tejamkor va iste'molchilar talabiga javob beradigan quritilgan qo'ziqorin mahsulotlarini ishlab chiqarish imkoniyati mavjudligi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Калабухов В. М. Разработка и научное обоснование тепловлажностной обработки пищевого растительного сырья в импульсном псевдооживленном слое [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.12. – Воронеж, 2003. – 193 с.
2. Калашников Г. В. Развитие процессов влаготепловой обработки пищевого растительного сырья (теория, технология и техника) [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук: 05.18.12: в 2 т. – Воронеж, 2004.
3. Остриков А. Н., Шевцов С. А. К расчёту усадки слоя грибов «Шампиньоны» в процессе сушки перегретым паром [Текст] // Пищевые технологии: межрегиональная конференция молодых учёных. – Казань: КГТУ, 2004. – 180 с. – С. 50–51.
4. Chandra S., Samsher, Kumar A. Effect of drying techniques on physicochemical and sensory properties of button mushroom (*Agaricus bisporus*) // International Journal of Food Science & Technology. – 2015. – Vol. 50. – P. 131–138.
5. Fernandes Â., Barreira J.C.M., Oliveira M.B.P.P., Ferreira I.C.F.R. Effects of different drying technologies on chemical and bioactive compounds of mushrooms // Food Chemistry. – 2013. – Vol. 138. – P. 216–222.
6. Giri S.K., Prasad S. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-hot air dried button mushroom (*Agaricus bisporus*) // Journal of Food Engineering. – 2007. – Vol. 78. – P. 512–521.
7. Zhang M., Tang J., Mujumdar A.S. Trends in drying of edible mushrooms // Trends in Food Science & Technology. – 2006. – Vol. 17. – P. 524–534.